

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра *Механики и цифрового проектирования*

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор по науке

Р.Д. Еникеев

2022 г.



**ПРОГРАММА**

КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

ПО НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

1.1.7. *Теоретическая механика, динамика машин*

Уровень подготовки

высшее образование - подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Квалификация (ученая степень): кандидат наук

Форма обучения

очная

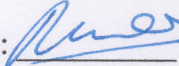
Уфа 2022

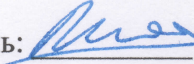


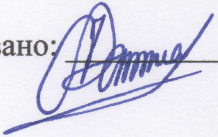
Программа кандидатского экзамена по научной специальности

1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин

*Программа кандидатского экзамена обсуждена на заседании кафедры МиЦП 20.04.2022 г., протокол № 9 и рекомендована к реализации в образовательном процессе для подготовки аспирантов по ПА 1.1.7 «Теоретическая механика, динамика машин».*

Заведующий кафедрой:  А. В. Месропян, д.т.н., профессор

Составитель:  А. В. Месропян, д.т.н., профессор кафедры МиЦП

Согласовано:  Р.К. Фаттахов, к.т.н., доцент, начальник ОАиД

## Содержание

1. Общие положения .....	4
1.1 Место кандидатского экзамена по специальности в программе аспирантуры подготовки научных и научно педагогических кадров по научной специальности .....	4
2.1 Содержание кандидатского экзамена .....	4
2.2 Критерии выставления оценок на государственном экзамене.....	7
2.3. Порядок проведения экзамена .....	8
4. Проведение кандидатского экзамена для лиц с ОВЗ .....	10

## 1. Общие положения

Кандидатский экзамен по специальности по программе аспирантуры - подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре является обязательным. Кандидатский экзамен проводится экзаменационными комиссиями. Целью кандидатского экзамена по специальности является – определение уровня подготовленности соискателя к самостоятельной научно-исследовательской работе.

Место кандидатского экзамена по специальности в программе аспирантуры подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Кандидатский экзамен по специальности проводится на 3 курсе в 5 семестре.

## 2 Содержание кандидатского экзамена по специальности

Основу настоящей программы составили ключевые положения следующих дисциплин:

- Классическая механика и аналитическая динамика;
- Теория устойчивости движения. Прикладные проблемы устойчивости равновесия и движения механических систем;
- Теория колебаний механических систем;
- Механика твердого тела;
- Математические модели биомеханики;
- Аналитические методы механики.

### Перечень вопросов

*Классическая механика и аналитическая динамика*

1. Основные понятия, определения и задачи статики. Проекция силы на ось. Момент силы относительно точки. Материальная точка, механическая система и абсолютно твердое тело.
2. Аксиомы статики. Связи и их реакции. Следствия из аксиом статики.
3. Системы сходящихся и параллельных сил.
4. Пара сил и ее момент. Теоремы о парах сил, расположенных в одной плоскости. Свойства пар сил.
5. Приведение произвольной плоской системы сил к заданному центру. Лемма о параллельном переносе силы.
6. Частные случаи приведения плоской системы сил к заданному центру. Теорема Вариньона.
7. Три формы условий равновесия плоской системы сил. Условия равновесия плоской системы сходящихся и параллельных сил.
8. Распределенные силы и их замена сосредоточенными силами. Параллельные силы постоянной интенсивности, распределенные по отрезку прямой. Параллельные силы с интенсивностью, изменяющейся по линейному закону, распределенные по отрезку прямой.
9. Равновесие тела при наличии трения. Законы трения скольжения. Угол и конус трения. Трение качения.
10. Пространственная система сил. Момент силы относительно точки (как вектор) и момент силы относительно оси. Свойства момента силы относительно оси.
11. Аналитические выражения для моментов силы относительно координатных осей.
12. Момент пары сил как вектор. Теоремы о парах сил, как угодно расположенных в пространстве.
13. Приведение пространственной системы сил к заданному центру. Главный вектор и главный вектор-момент.

14. Частные случаи приведения пространственной системы сил.
15. Условия равновесия пространственной системы сил.
16. Предмет и задачи кинематики. Основные кинематические понятия и определения.
17. Векторный способ задания движения точки. Понятия о скорости и ускорении точки.
18. Координатный способ задания движения точки. Определение скорости и ускорения точки, по их проекциям на координатные оси. Прямолинейное равномерное и равнопеременное движение.
19. Естественный способ задания движения точки. Скорость. Касательное и нормальное ускорения.
20. Равномерное и равнопеременное криволинейное движение точки.
21. Поступательное движение твердого тела. Важнейшие свойства этого движения.
22. Вращательное движение твердого тела вокруг неподвижной оси. Угловая скорость и угловое ускорение. Скорости и ускорения точек тела. Векторные выражения для основных кинематических характеристик тела и его точек при вращении тела вокруг неподвижной оси.
23. Сложное движение точки. Относительное, переносное и абсолютное движения точки.
24. Сложение скоростей и ускорений при сложном движении. Ускорение Кориолиса и его свойства.
25. Плоское движение твердого тела. Разложение плоского движения тела на поступательное и вращательное. Скорости точек тела при его плоском движении. Теорема о проекциях скоростей двух точек плоской фигуры. Мгновенный центр скоростей и способы его нахождения.
26. Ускорения точек тела при его плоском движении. Мгновенный центр ускорений и способы его нахождения.
27. Введение в динамику. Прямолинейное движение материальной точки.
28. Общие теоремы динамики точки.
29. Движение несвободной материальной точки.
30. Колебательное движение материальной точки.
31. Относительное движение материальной точки.
32. Динамика системы. Принцип возможных перемещений.
33. Общие теоремы динамики системы.
34. Принцип Даламбера для системы.
35. Моменты инерции.
36. Динамика твердого тела.
37. Метод обобщенных координат.
38. Теория удара.

*Теория устойчивости движения. Прикладные проблемы устойчивости равновесия и движения механических систем*

1. Количество движения. Теорема Якоби. Ударные силы
2. Выражение живой силы движущегося твердого тела. Метод подобия.
3. Уравнения Лагранжа для конечных и ударных сил. Преобразование Гамильтона
4. Понятие возмущенного движения. Прямой метод Ляпунова.
5. Устойчивость равновесия и стационарных движений консервативных систем
6. Устойчивость по первому приближению.
7. Устойчивость линейных автономных систем
8. Влияние структуры сил на устойчивость движения

9. Устойчивость неавтономных систем
10. Применение прямого метода Ляпунова к исследованию устойчивости систем автоматического регулирования

*Теория колебаний механических систем*

1. Свободные колебания в консервативных системах с одной степенью свободы
2. Свободные колебания в диссипативных колебательных системах с одной степенью свободы
3. Колебания в системах с одной степенью свободы под действием вынуждающей силы
4. Колебания в системах с одной степенью свободы при параметрическом воздействии
5. Автоколебания в системах с одной степенью свободы
6. Колебания в линейных системах с двумя степенями свободы
7. Параметрические и автоколебательные системы с двумя степенями свободы
8. Колебания в линейных системах с  $n$  степенями свободы
9. Параметрические и автоколебательные системы с  $n$  степенями свободы
10. Колебательные процессы в распределенных системах
11. Распределенные автоколебательные системы
12. Волновые процессы в неоднородных и в нелинейных распределенных системах

*Механика твердого тела*

1. Теория напряжений и деформаций
2. Основные соотношения и теории упругости
3. Постановка и методы решения задач теории упругости
4. Плоская задача в декартовых координатах
5. Плоская задача в полярных координатах
6. Основные уравнения теории плоских пластин
7. Некоторые задачи изгиба и устойчивости пластин
8. Приближенные методы решения задач прикладной теории упругости
9. Основы расчета тонких упругих оболочек
10. Основы теории пластичности

*Математические модели биомеханики*

1. Биомеханика как наука
2. Прочность и деформируемость живых тканей и биоматериалов
3. Многоосное напряженно-деформированное состояние при ползучести живых тканей и биоматериалов, приложение к имплантатам мягких тканей
4. Основные принципы построения определяющих соотношений для живых тканей и биоматериалов
5. Определяющие соотношения для живых тканей и биоматериалов
6. Метод декомпозиции в механике и биомеханике
7. Биоматериалы с эффектом памяти формы. Интеллектуальные биоматериалы

*Аналитические методы механики*

1. Основные положения аналитической механики. Уравнения Лагранжа
2. Уравнения Нильсена
3. Уравнения Гамильтона
4. Теорема Пуассона и ее применение в интегрировании уравнений динамики в переменных Гамильтона
5. Теорема Якоби-Гамильтона
6. Вариации переменных, функций и интегралов от них
7. Вариационные принципы аналитической механики
8. Канонические преобразования гамильтоновых переменных
9. Интегрирование уравнения Гамильтона-Якоби

10. Метод неполного интеграла в механике неголономных систем
11. Теорема Нетер и ее применение в механике
12. Интегральные инварианты механических систем
13. Уравнения движения реономных систем
14. Внешние дифференциальные формы в механике
15. Интегралы уравнений движения как уравнения связей
16. Определение преобразования Лапласа
17. Правила выполнения операций при преобразовании Лапласа
18. Обыкновенные интегральные уравнения
19. Уравнения в частных производных
20. Интегральные уравнения и интегральные соотношения
21. Вычисления оригинала по изображению
22. Асимптотическое поведение функций и исследование устойчивости
23. Распределения и их преобразования по Лапласу
24. СЛАУ и способы их решения; различные случаи; решение задачи нахождения усилий в стержнях фермы.
25. Численное и символьное дифференцирование. Реализация дифференцирования и интегрирования функций, заданных таблично. Метод численного интегрирования Гаусса.
26. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Задача Коши. Методы Эйлера и Рунге-Кутты. Задача о нахождение уравнения движения (случай, когда аналитическое решение найти затруднительно).
27. Задача приближенного вычисления функций. Интерполяция и аппроксимация. Метод наименьших квадратов. Задача о нахождении промежуточных значений в зависимостях, заданных таблично. Задача об определении функций, приближающих табличные данные наилучшим образом.
28. Системы дифференциальных уравнений и обыкновенные дифференциальные уравнения высших порядков. Задача о нахождении уравнений движений колебательной системы с несколькими степенями свободы. Сведение ОДУ к системе ДУ и численное её интегрирование.
29. Линейные комбинации, линейные пространства, линейные преобразования. Операции с матрицами направляющих косинусов. Задача о нахождении собственных значений для симметричной действительной матрицы. Задача о нахождении главных значений напряжений или моментов инерции. Нахождение главных осей тензора деформаций, инерции или тензора напряжений.
30. Решение нелинейных уравнений и систем нелинейных уравнений. Метод Ньютона.
31. Уравнение теплопроводности, колебаний струны и устойчивость стержня при продольном изгибе.
32. Методы оптимизации. Градиентный спуск.
33. Вариационные методы. Вариационная постановка. Слабая форма решения дифференциального уравнения. Задача о выводе вариационной постановки по известным определяющим уравнениям задачи.
34. 111. Теорема Кастильяно. Методы Галёркина и Ритца в решении задач сопротивления материалов.
35. Метод конечных элементов при решении краевых задач

### **Критерии выставления оценок на государственном экзамене**

#### **Критерии оценки:**

«Отлично» – продемонстрированы достаточно твердые знания материала по основным вопросам, проявлено внимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, даны правильные полные ответы на большинство вопросов. Нет грубых ошибок, при ответах на некоторые вопросы допущены неточности.



«Хорошо» – продемонстрированы достаточно твердые знания материала по основным вопросам, однако, не уделено достаточного внимания сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, даны правильные полные ответы на большинство вопросов. Нет грубых ошибок, при ответах на половину вопросов допущены неточности.

«Удовлетворительно» – продемонстрированы недостаточно твердые знания материала по основным вопросам, не уделено достаточного внимания сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, частично даны правильные полные ответы на вопросы. Есть грубые ошибки, при ответах на некоторые вопросы допущены неточности.

«Неудовлетворительно» – не дано ответа или даны неправильные ответы на большинство вопросов, продемонстрировано непонимание сущности предложенных вопросов, допущены грубые ошибки при ответе на вопросы, компетенции не сформированы полностью или частично.

### **2.3. Порядок проведения экзамена**

Экзамен проводится путем сочетания письменной и устной форм. Каждый билет включает 3 теоретических вопроса, 2 вопроса, непосредственно связанных с темой и разработками диссертационной работы в области теоретической механики, динамики машин.

На экзамене разрешается использовать материалы справочного характера.

Все члены экзаменационной комиссии слушают ответ экзаменуемого и оценивают его знания. Решение об итоговой оценке знаний аспиранта принимается комиссией на закрытом заседании открытым голосованием большинства голосов членов комиссии, участвующих в голосовании. При равном числе голосов решающим является голос председателя. Результаты сдачи государственного экзамена объявляются в тот же день после оформления в установленном порядке протоколов заседаний экзаменационных комиссий.

### **3. Перечень рекомендуемой литературы:**

1. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. Статика. Кинематика. Динамика: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим специальностям / А.А. Яблонский, В.М. Никифорова - Москва: Интеграл-Пресс, 2007. -608 с.

2. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики [Электронный ресурс]: учебное пособие: в 2-х ч. / Н.Н. Бухгольц - Санкт-Петербург: Лань, 2009 - Ч. 1: Кинематика, статика и динамика материальной точки. -480 с. ([http://e.lanbook.com/books/element.php&p11\\_id=32](http://e.lanbook.com/books/element.php&p11_id=32)); Лань, 2016 - Ч. 2: Динамика системы материальных точек. – 336с. ([http://e.lanbook.com/books/element.php&p11\\_id=72973](http://e.lanbook.com/books/element.php&p11_id=72973)).

3. Мещерский И.В. Задачи по теоретической механике [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки и специальностям в области техники и технологии / Под ред. В.А. Пальмова, Д.Р. Меркина. -Санкт-Петербург: Лань, 2012. -448 с. ([http://e.lanbook.com/books/element.php&p11\\_id=2786](http://e.lanbook.com/books/element.php&p11_id=2786)).

4. Паншина А. В. Теоретическая механика в решениях задач из сборника И. В. Мещерского. Аналитическая механика: (пособие) / А. В. Паншина, В. М. Чуркин – Москва: Либроком, 2012 – 202 с.

5. Бутенин Н. В. Курс теоретической механики [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим специальностям: в 2-х т. / Н. В. Бутенин, Я. Л. Лунц, Д. Р. Меркин – Санкт-Петербург: Лань, 2009 – Т.1: Статика и кинематика.

6. Бать М. И. Теоретическая механика в примерах и задачах [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов технических вузов очной и заочной систем обучения, инженеров и техников: в 2 т. / М. И. Бать, Г. Ю. Джанелидзе, А. С. Кельзон – Санкт-Петербург: Лань, 2013 – Т. 1 Статика и кинематика – 672 с. ([http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=4551](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=4551)). – Лань, 2013.

7. Кепе О. Э. Сборник коротких задач по теоретической механике [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям и



специальностям в области техники и технологий / Под ред. Кепе О.Э. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 368 с. ([http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=71758](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71758)).

8. Раус Э. Динамика системы твердых тел: Пер. с англ. В 2-х томах. Т. 1,2/Под ред. Ю.А. Архангельского и В.Г. Дёмина. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983.

9. Ведрученко, В. Р. Инженерный эксперимент: учебное пособие / В. Р. Ведрученко, В. В. Крайнов, Н. В. Жданов. – Омск: ОмГУПС, 2014. – 129 с. – ISBN 978-5-949-41096-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – (<https://e.lanbook.com/book/129138>)

10. Тынкевич, М. А. Введение в численный анализ [Электронный ресурс]: учеб. пособие / М. А. Тынкевич, А. Г. Пимонов; КузГТУ. – Кемерово, 2017. – 176 с. ([http://www.math.tsu.ru/sites/default/files/mmf2/e-resources/Dit\\_An.pdf](http://www.math.tsu.ru/sites/default/files/mmf2/e-resources/Dit_An.pdf))

11. Некоркин В.И. Лекции по основам теории колебаний [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. 233с. (<https://fedorsarafanov.github.io/materials/nekorkin.pdf>)

12. Слабнов, В. Д. Численные методы: учебник для вузов / В. Д. Слабнов. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 392 с. – ISBN 978-5-507-44169-3. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – (<https://e.lanbook.com/book/215762>)

13. Стрелков, С. П. Введение в теорию колебаний: учебник для вузов / С. П. Стрелков. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 440 с. – ISBN 978-5-8114-7343-4. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – (<https://e.lanbook.com/book/158954>)

15. Бертяев, В. Д. Теоретическая и аналитическая механика. Учебно-исследовательская работа студентов: учебное пособие / В. Д. Бертяев, В. С. Ручинский. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 424 с. – ISBN 978-5-8114-3431-2. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – (<https://e.lanbook.com/book/205973>)

16. Гантмахер, Ф. Р. Лекции по аналитической механике: монография / Ф. Р. Гантмахер; под редакцией Е. С. Пятницкого. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 264 с. – ISBN 978-5-9221-0067-0. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – (<https://e.lanbook.com/book/47536>)

17. Молотников, В. Я. Теория упругости и пластичности: учебное пособие / В. Я. Молотников, А. А. Молотникова. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 532 с. – ISBN 978-5-8114-2603-4. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – (<https://e.lanbook.com/book/209966>)

18. Стрелков, С. П. Введение в теорию колебаний: учебник для вузов / С. П. Стрелков. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 440 с. – ISBN 978-5-8114-7343-4. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – (<https://e.lanbook.com/book/158954>)

19. Баев, В. К. Теория колебаний: учебное пособие / В. К. Баев. – Москва: НИЯУ МИФИ, 2015. – 348 с. – ISBN 978-5-7262-2020-8. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – (<https://e.lanbook.com/book/119467>)

20. Матросов, А. А. Устойчивость механических систем. Исследование устойчивости движения с помощью второго (прямого) метода Ляпунова: учебное пособие / А. А. Матросов. – Ростов-на-Дону: Донской ГТУ, 2021. – 54 с. – ISBN 978-5-7890-1932-0. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – (<https://e.lanbook.com/book/237860>)

21. Титух, И. Н. Устойчивость механических систем. Динамика: учебное пособие / И. Н. Титух, С. П. Яковлев. – Санкт-Петербург: БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2016. – 49 с. – ISBN 978-5-85546-930-1. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – (<https://e.lanbook.com/book/98228>)

Сроки проведения ГИА в соответствии с утвержденным графиком учебного процесса 39-44 уч. недели 4-го года обучения.

#### **4. Проведение кандидатского экзамена для лиц с ОВЗ**

Проведение кандидатского экзамена для обучающихся инвалидов и лиц с ОВЗ осуществляется с учетом рекомендованных условий обучения для инвалидов и лиц с ОВЗ. В таком случае требования к процедуре проведения и подготовке экзамена должны быть адаптированы под конкретные ограничения возможностей здоровья обучающегося, для чего должны быть предусмотрены специальные технические условия.