

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



УТВЕРЖДАЮ

Проректор ДонГУ

В.И. Сторожев

2023г.

ПРОГРАММА

кандидатского экзамена

по специальности 1.1.7 – Теоретическая механика, динамика машин

Донецк – 2023

Программа кандидатского экзамена по направлению подготовки **01.06.01 – Математика и механика**, по специальности **1.1.7 – Теоретическая механика, динамика машин**

ВВЕДЕНИЕ

Программа-минимум кандидатского экзамена по курсу «Теоретическая механика» разработана с целью обеспечения подготовки научных и научно-педагогических кадров и аттестации научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации в соответствии с Номенклатурой специальностей научных работников, утвержденной республиканским органом исполнительной власти, обеспечивающим формирование и реализацию государственной политики в сфере образования и науки.

Программа-минимум содержит разделы, которые составляют минимальную базу знаний современного уровня специалиста или магистра университета (теоретическая и аналитическая механика, теория устойчивости движения механических систем, управление движением механических систем, механика твердого тела и систем твердых тел, динамика биомеханических систем, теория колебаний механических систем).

Структура экзамена

Основные вопросы

1. Принцип Даламбера-Лагранжа для механических систем, связанных идеальными связями. Общие уравнение динамики.
2. Последний множитель Якоби, его связь с интегральными инвариантами. Теорема Лиувилля о сохранении фазового объема.
3. Инвариантные соотношения, определение по Т.Леви-Чивите, по П.В. Харламову.
4. Классификация прецессионных и прецессионно-изоконических движений.
5. Уравнения Кирхгофа-Пуассона с переменным гиристатическим моментом.

Дополнительные вопросы.

1. Динамика твердого тела. Постановка задачи о движении тяжелого твердого тела. Первые интегралы. Случаи Эйлера-Пуансо, Лагранжа-Пауссона, Ковалевской.
2. Первые интегралы уравнений Кирхгофа-Пуассона в случае постоянного гиросtatического момента.
3. Первые интегралы уравнений Кирхгофа-Пуассона в случае переменного гиросtatического момента.
4. Устойчивость по Ляпунову. Два метода исследования устойчивости. Общие теоремы второго метода Ляпунова.
5. Резонанс. Параметрический резонанс. Автоколебания. Метод фазовой плоскости. Метод малого параметра Пуанкаре. Метод усреднения.

Раздел 1

1.

Принцип Даламбера-Лагранжа для механических систем, связанных идеальными связями. Общие уравнение динамики. Основные теоремы динамики абсолютного и относительного движения, которые вытекают из принципа Даламбера-Лагранжа. Первые интегралы уравнений движения и их обобщения.

2.

Голономные системы. Уравнения Лагранжа для абсолютного и относительного движения. Первые интегралы уравнений Лагранжа. Определение реакций при помощи уравнений Лагранжа. Уравнения Рауса и канонические уравнения Гамильтона.

3.

Принцип наименьшего принуждения Гаусса. Принцип наименьшей кривизны Герца. Изменение вида принципа Гаусса Четаевым. Принцип Гамильтона. Кинетические фокусы. Принцип наименьшего действия в формах Лагранжа и Якоби.

4.

Неголономные системы. Возможные перемещения в случае неголономных связей. Уравнения движения в форме Рауса и Аппеля, Чаплыгина. Теорема о приведенном множителе. Движение тел по абсолютно шероховатой плоскости.

5.

Интегральные инварианты гамильтоновых систем. Относительные интегральные инварианты. Теорема Ли-Кенигса. Последний множитель Якоби, его связь с интегральными инвариантами. Теорема Лиувилля о сохранении фазового объема.

Раздел 2.

1.

Гамильтоновы системы. Теория канонических преобразований и функции, которые их совершают. Уравнения Гамильтона-Якоби. Метод Якоби интегрирования гамильтоновых систем. Теоремы Лиувилля-Штекеля. Первые интегралы гамильтоновых систем и их связь с бесконечно малыми каноническими преобразованиями. Теоремы Пуассона-Лагранжа. Системы интегралов в инволюции, теорема Лиувилля. Теорема Леви-Чивиты. Гамильтоновы системы, которые интегрируются. Метод Делоне о разделении переменных. Переменные «действие-угол» и их геометрическая интерпретация.

2.

Теорема Пуанкаре о возвращении. Эргодические свойства условно-периодических движений в гамильтоновых системах, которые интегрируются. Эргодические теоремы. Проблема нормализации гамильтониана.

3.

Теория конечных поворотов твердого тела. Формула Родрига и вектор конечного поворота. Параметры Родрига-Гамильтона. Сложение конечных поворотов. Вычитание конечных поворотов. Переставные конечные повороты. Выражение конечного поворота и параметров Родрига-Гамильтона через эйлеровы углы. Параметры Кейли-Клейна.

4.

Динамика твердого тела. Постановка задачи о движении тяжелого твердого тела. Первые интегралы. Случаи Эйлера-Пуансо, Лагранжа-Пауссона, Ковалевской. Частные случаи интегрируемости Гесса, Бобылева-Стеклова. Регулярные прецессии. Перманентные вращения и их устойчивость.

5.

Задача двух тел и ее решение. Уравнение Кеплера. Элементы эллиптического движения. Задача трех тел и ее первые интегралы. Ограниченная круговая задача трех тел. Точки вибрации и их устойчивость. Дифференциальные уравнения возмущенных движений в оскулирующих элементах.

Раздел 3**1.**

Устойчивость по Ляпунову. Два метода исследования устойчивости. Общие теоремы второго метода Ляпунова. Теорема об устойчивости и асимптотической устойчивости, теорема Чатаева о неустойчивости. Устойчивость по первому приближению. Теорема Гурвица. Понятие о критических случаях. Теорема Лагранжа об устойчивости положения равновесия и ее обращения. Устойчивость гамильтоновых систем. Характеристические показатели гамильтоновых систем.

2.

Колебания механической системы около положения равновесия. Нормальные координаты. Влияние на устойчивость гироскопических и диссипативных сил (теоремы Кельвина-Четаева). Влияние новой связи на периоды колебаний. Вынужденные колебания. Резонанс. Параметрический резонанс. Автоколебания. Метод фазовой плоскости. Метод малого параметра Пуанкаре. Метод усреднения.

3.

Уравнения Дуффинга и Ван-дер-Поля. Многорежимность в нелинейных системах. Субгармонические и ультрагармонические колебания.

Разветвления периодических решений. Непериодические движения нелинейных систем. Сценарии возникновения хаотических движений.

4.

Представления о движениях, которые управляются. Принцип максимума Понтрягина и его использование для задач оптимального управления. Представление о методе динамического программирования Белмана. Связь принципа максимума с методом Белмана. Проблема оптимальной стабилизации движений, которые управляются. Теорема Н.Н.Красовского.

Основная литература

1. Аппель П. Теоретическая механика. – В 2-х т. – Т.2. – М.: Физматгиз. – 1960. – 487 с.
2. Анищенко В.С. Сложные колебания в простых системах. М.: Наука. – 1966. – 300 с.
3. Виттенбург Й. Динамика систем твердых тел. – М.: Мир. – 1980. – 288 с.
4. Гантмахер Ф.Р. Лекции по аналитической механике. М.: Наука. – 1966. – 300 с.
5. Ишлинский А.Ю. Ориентация, гироскопы и инерциальная навигация. М.: Наука. – 1976. – 670 с.
6. Карабан В.Н., Беломытцев А.С. Вынужденные колебания систем с конечным числом степеней свободы. Киев.: УМКВО. – 1990. – 167 с.
7. Кильчевский Н.А. Курс теоретической механики. М.: Наука. – 1977. – 480 с.
8. Красовский Н.Н. Теория управления движением. М.: Наука. – 1968. – 476 с.
9. Крюков Б.И. Вынужденные колебания существенно нелинейных систем. М.: Машиностроение. – 1984. – 216 с.
10. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. Т. 2., Динамика. М.: Наука. – 1983. – 640 с.
11. Лурье А.И. Аналитическая механика. М.: Физматгиз. – 1961. – 824 с.
12. Ляпунов А.М. Общая задача об устойчивости движения // Собр. соч. в 5 т. – М.–Л.: Изд-во СССР. – 1956. – 2. – С. 7-263.
13. Мун Ф. Хаотические колебания. М.: Мир. – 1990. – 311 с.
14. Парс Л.А. Аналитическая динамика. М.: Наука. – 1971. – 636 с.
15. Румянцев В. В. Об управлении ориентацией и о стабилизации спутника роторами // Вестн. Моск. ун-та. Математика, механика. – 1970. – № 2. – С.

83–96.

16. Суслов Г.К. Теоретическая механика. М.-Л.: Гостехиздат. – 1946. – 655

Дополнительная литература

1. Гашененко И.Н., Горр Г.В., Ковалев А.М. Классические задачи динамики твердого тела. Киев. Наук. думка. – 2012. – 402 с.
2. Горр Г.В., Белоконь Т.В. О решениях уравнений движения гиростата с переменных гиростатическим моментом / Г.В. Горр, Т.В. Белоконь // Прикладная математика и механика. – 2021. – Т.85, вып.2.- С.139-151.
3. Горр Г.В., Мазнев А.В., Котов Г.А. Движение гиростата с переменным гиростатическим моментом. – Донецк: ГУ "ИПММ". – 2018. – 265 с.
4. Горр Г.В., Мазнев А.В. Динамика гиростата, имеющего неподвижную точку. Донецк: ДонНУ. – 2010. – 364 с.
5. Малкин И.Г. Теория устойчивости движения. М.-Л.: Гостехиздат. – 1966. – 550 с.
6. Маркеев А.П. Теоретическая механика. М.: Наука. – 1999. – 572 с.
7. Мазнев А.В. Исследование движения главных осей инерции твердого тела с неподвижной точкой в случае регулярных прецессий // Механика твердого тела. – 2020. – Вып. 50. – С. 43-55.
8. Харламов П.В. Об уравнениях движения системы твердых тел // Механика твердого тела. – 1972. – Вып. 4. – С. 52-73.

Программа разработана на основании паспорта научной специальности **1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин** и соответствует позициям паспорта.

Программа одобрена на заседании Ученого совета факультета математики и информационных технологий от 18 мая 2023 г., Протокол № 7.

Декан



Моисеенко И.А.