

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.»**  
Институт электронной техники и приборостроения

**«УТВЕРЖДАЮ»**  
проректор по учебной работе  
СГТУ имени Гагарина Ю.А.  
Мизякина О.Б.

**ПРОГРАММА**  
**вступительного испытания**  
междисциплинарного экзамена  
«Навигация и управление подвижными объектами»  
для поступающих на направление подготовки магистров  
12.04.01 Приборостроение  
(магистерская программа «Навигация и управление подвижными объектами»)  
Рекомендовано

Саратов 2025

## Наименования тем

### 1. Физические и математические основы приборостроения

Кинематика и динамика материальной точки. Основная задача динамики. Уравнения движения. Функция Лагранжа и уравнения Лагранжа системы материальных точек. Интегралы движения. Динамика абсолютно твердого тела. Тензор инерции. Динамические и кинематические уравнения Эйлера. Колебания систем с одной и многими степенями свободы. Свободные и вынужденные колебания. Относительное, переносное и абсолютное ускорение, теорема Кориолиса. Математический и физический маятник. Принцип Даламбера для точки и механической системы.

Деформации и напряжения в твердых телах. Модули Юнга, сдвига. Коэффициент Пуассона.

Волны в сплошной среде. Характеристики акустических волн.

Термодинамический и статистический подход к описанию молекулярных явлений. Температура. Основные газовые законы. Первое начало термодинамики. Циклические процессы. Второе начало термодинамики. Энтропия. Статистический смысл энтропия и второго начала термодинамики. Распределение Максвелла молекул газа по скоростям. Идеальный газ во внешнем потенциальном поле, распределение Больцмана.

Теория флуктуаций. Броуновское движение. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Фазовые переходы первого и второго рода. Условия устойчивости и равновесия. Явления переноса.

Электростатическое поле. Закон Кулона. Теорема Гаусса. Статическое магнитное поле. Закон Био-Савара-Лапласа. Электромагнитная индукция.

Уравнение Максвелла в вакууме. Энергия электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга. Уравнения Максвелла в среде. Диэлектрическая проницаемость и показатель преломления. Диэлектрики, магнетики, проводники, сверхпроводники и их электромагнитные свойства.

Волновые и корпускулярные свойства материи. Атом водорода по Бору. Принцип неопределенности. Основные постулаты квантовой механики. Волновая функция. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния.

Линейный квантовый гармонический осциллятор. Энергии и волновые функции стационарных состояний. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннельный эффект. Эффекты Зеемана и Штарка.

Обыкновенные дифференциальные уравнения. Линейные уравнения с постоянными коэффициентами.

Матрицы и определители. Решение систем линейных уравнений. Системы координат и линейные преобразования координат. Вращения.

## **2. Приборы ориентации и навигации**

Классификация гироскопических приборов. Системы координат, применяемые в ГСО.

Основные свойства трехстепенного и двухстепенного гироскопа в кардановом подвесе.

Поплавковый датчик угловой скорости (ДУС) с механической и электрической пружиной. Схема, принцип действия, основные характеристики. Применение в системах ориентации и навигации.

Волновой твёрдотельный гироскоп (ВТГ). Схема и принцип действия. Применение в системах ориентации и навигации.

Лазерные гироскопы (ЛГ). Схема и принцип действия ЛГ. Применение в системах ориентации и навигации.

Волоконно-оптические гироскопы. Схема и принцип действия. Применение в системах ориентации и навигации.

Микромеханический гироскоп. Схема и принцип действия микромеханического гироскопа. Применение в системах ориентации и навигации.

Сферические электростатические гироскопы. Схема, физические основы работы, особенности конструкции и измерения информации. Применение в системах ориентации и навигации.

Гировертикали. Схема, уравнения движения и свойства математического маятника. Гиromаятниковая вертикаль. Применение в системах ориентации и навигации.

Гировертикаль с радиальной коррекцией. Схема и физические основы работы ГВ на основе классического гироскопа, лазерного гироскопа и волоконно-оптического гироскопа.

Курсоуказывающие гироскопические приборы. Гирокомпас Фуко. Кинематическая схема гирокомпаса Фуко.

Трехстепенный гирокомпас. Гирокомпасы Анщютца. Гирокомпас Сперри. Принцип действия гирокомпаса. Схема гирокомпаса на основе лазерного гироскопа.

Акселерометры. Классификация. Схема, принцип действия, основные характеристики маятниковых акселерометров. Применение в системах ориентации и навигации.

### **3. Точность измерительных приборов**

Виды средств измерений. Структурные схемы средств измерений. Основные характеристики средств измерений.

Классификация погрешностей. Причины погрешностей. Обозначение погрешностей. Предпочтительные ряды и показатели точности средств измерений. Динамические погрешности.

Случайные процессы и общая погрешность средств измерений.

Классификация случайных процессов. Основные характеристики случайных процессов. Погрешности оценки случайного процесса. Погрешности средств измерений.

Статические погрешности средств измерений.

Факторы, определяющие инструментальные погрешности. Основные погрешности. Температурные погрешности. Методические погрешности. Оценка погрешности по структурной схеме.

Расчет динамических погрешностей.

Основные формы динамических характеристик. Анализ динамических характеристик.

### **4. Основы конструирования и технологии приборостроения**

Производственный и технологический процессы (ТП).

Виды ТП, структура ТП, типы производства, технологическая документация.

Технологичность изделий (ТИ)

Качественные и количественные показатели ТИ. Последовательность обработки конструкции на технологичность.

Геометрические и физические параметры качества поверхности. Влияние технологических факторов на качество поверхности.

Базы и базирование. Классификация баз. Принципы выбора технологических баз.

Проектирование техпроцессов механической обработки деталей

Последовательность разработки ТП.

Технологическое оснащение и станочные приспособления.

## **5. Электрический привод в приборостроении**

Классификация электроприводов. Законы электромеханики. Механика электропривода.

Синхронный электропривод. Классификация синхронных электроприводов по типам применяемых двигателей.

Вентильный электропривод (ВЭП). Физические основы работы вентильного электродвигателя. Электрокинематическая схема ВЭП. Принцип действия ВЭП.

Структурная схема и уравнения движения ВЭП. Статические и динамические характеристики ВЭП. Влияние момента сопротивления на поведение ВЭП.

Электропривод на основе шаговых электродвигателей (ШЭД). Разновидности ШЭД. Область применения ШЭД. Конструктивные схемы ШЭД.

Характеристики шагового ЭП. Функциональные схемы ШЭП. Дифференциальные уравнения движения шагового ЭП.

Электроприводы на основе двигателей постоянного тока. Элементы теории электропривода постоянного тока. Структурная схема и уравнения движения электропривода с естественным управлением.

Электромеханическая и механическая характеристики ЭП постоянного тока. Уравнения статических характеристик электропривода.

Тиристорные управляемые выпрямители. Схемы электропривода постоянного тока с тиристорным управлением, режим реверса.

Электропривод постоянного тока с датчиком положения ротора на валу электропривода и регулятором скорости в цепи обратной связи. Математическая модель, свойства.

Асинхронный электропривод. Физические свойства работы асинхронного электропривода в генераторном, двигательном и тормозном режимах. Схемы включения асинхронного электропривода.

Тиристорные схемы управления скоростью асинхронного электропривода при двухфазном и трехфазном включении. Схемы реверсивного управления АЭП.

Схема с отрицательной обратной связью АЭП, уравнения движения, свойства.

## **6. Теория измерений**

Измерения и измерительная информация. Статические и динамические погрешности измерительных приборов.

Виды информации. Количественное описание информации. Свойства энтропии. Меры информации Шеннона и Хартли.

Измерительные сигналы. Классификация их. Представление сигналов во временной области.

Квантование и дискретизация сигналов. Модуляция и детектирование сигналов.

Кинематические параметры, используемые для задания углового движения. Углы Эйлера и Эйлера-Крылова. Кинематические параметры, направляющие косинусы углов между осями.

Вектор конечного поворота. параметры Родрига - Гамильтона, параметры Кейли-Клейна.

Кватернионы и их свойства, геометрическая интерпретация.

Ортогональные преобразования координат, преобразования базисов. Преобразования координат вектора при его повороте.

Преобразование координат при помощи кватернионов.

Две формы кинематических уравнений Эйлера в связанном и опорном базисах. Уравнения Пуассона. Кватернионные кинематические дифференциальные уравнения.

Корректируемые кинематические уравнения на основ уравнений Эйлера, кватернионных, Пуассона.

Наблюдающие устройства идентификации. Постановка задачи и структурные схемы.

Математическая модель наблюдающего устройства идентификации Льюинбергера. Переход к дискретной модели.

## ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шишмарев В. Ю. Средства измерений: учеб. / В. Ю. Шишмарев. - 3-е изд., стер. - М.: ИЦ "Академия", 2009.
2. Игнатьев А. А. Оценка точности измерительных устройств : учеб. пособие / А. А. Игнатьев ; Саратовский гос. техн. ун-т. - Саратов: СГТУ, 2006.
3. Панфилов В. А. Электрические измерения : учеб. / В. А. Панфилов. - 4-е изд., стер. 5-е изд., стер. - М.: ИЦ "Академия", 2008.
4. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: учеб. пособие / К. К. Ким [и др.] ; под ред. К. К. Кима. - СПб. [и др.] : Питер, 2008.
5. Щепетов А. Г. Теория, расчет и проектирование измерительных устройств / А.Г. Щепетов. - М.: Стандартинформ - Ч. 1: Теория измерительных устройств. - 2006.
6. Плотников П.К. Электропривод в приборостроении.-Учебное пособие с грифом УМО по приборостроению МОиН РФ.-СГТУ.2008,164 с.
7. Базаров Б.М. Основы технологии машиностроения. Учебник для вузов. М.: "Машиностроение", 2007, 736 с.
8. Валетов В.А. и др. Основы технологии приборостроения. / В.А. Валетов, В.Б. Мурашко // Учеб. пос. СПб ГУИТМО, 2006, 180 с.
9. Геометрия и кинематика пространственного состояния подвижных объектов: учебное пособие. 2-е изд., перераб и доп./ Проскуряков Г.М., Плотников П.К. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2008.
10. Емельянцева Г.И., Степанов А.П. Интегрированные инерциально-спутниковые системы ориентации и навигации / Г.И. Емельянцева, А.П. Степанов; под общ. ред. В.Г. Пешехонова. СПб.: ГНЦ РФ АО «Концерн ЦНИИ «Электроприбор», 2016. 394 с.
11. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем/ В.В. Матвеев, В.Я. Распопов/ Под общ. ред. д.т.н. В.Я. Распопова.- СПб.: ГНЦ РФ ОАО «концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2009.
12. Челноков Ю.Н. Кватернионные модели и методы динамики, навигации и управления движением. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. 560 с.
13. Савельев И.В. Курс физики: в 3 т.: учеб. пособие. Т.1: Механика. Молекулярная физика. СПб.; М., Краснодар: Лань.-2008.
14. Савельев И.В. Курс физики: в 3 т.: учеб. пособие. Т.2. Электричество.

Колебания и волны. Волновая оптика. СПб.; М., Краснодар: Лань.-2008.

15. Савельев И.В. Курс физики: в 3т.: учеб. пособие. Т.3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. СПб.; М., Краснодар: Лань.-2008.

16. Бугров Я.С. Высшая математика: в 3 т.: учебник / Я. С. Бугров, С. М. Никольский; ред. В. А. Садовничий. - М.: Дрофа, 2005 - Т. 2 :Дифференциальное и интегральное исчисление. - 7-е изд., стереотип. - 2005.

17. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: Учеб. для втузов/С .М . Тарг. — 20-е изд., стер. — М.: Высш. шк., 2010. — 416 с.: ил.

18. Афонин А.А. Микропроцессорная техника в приборах, системах и комплексах ориентации, навигации и управления летательных аппаратов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Афонин А.А., Ямашев Г.Г.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2015.— 143 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/40398.html>

19. Калашников В. И. Электроника и микропроцессорная техника: учебник / В. И. Калашников С. В. Нефедов; под ред. Г. Г. Раннева. - М.: ИЦ "Академия", 2012. - 368 с.: ил.

### Примеры тестовых заданий

1. Задание с графическим ответом

S: Напишите или изобразите правильный ответ

Q: Какое из выражений является уравнением статической характеристики маятникового акселерометра с «электрической пружиной»?

:  $I_{\text{дм}}=(H/k_{\text{дм}})W_{\text{вх}}$

:  $\beta=(H/K_{\text{Эп}})W_{\text{вх}}$

2. Задание в закрытой форме на один выбор ответа

S: Выберите правильный ответ

Q: Аналоговый фильтр нижних частот предназначен для

: Выделения сигнала верхних частот

: Подавления сигнала верхних частот

: Выделения сигнала нижних частот

3. Короткий ответ

S: Напишите правильный ответ

Q: Тип шагового электропривода, обеспечивающего бóльшую жесткость механической характеристики

: Разомкнутый

: Замкнутый

4. Задание с использованием формул

S: Выберите правильный ответ



Q: Формула для статической характеристики электропривода по угловой скорости при наличии регулятора скорости ( $C_e$  – постоянная по ЭДС,  $C_m$  – постоянная по моменту,  $K_{oc}$  – коэффициент обратной связи по скорости,  $U_{zc}$  – заданное напряжение)

$$\begin{aligned} & \Omega = \frac{U_{zc}}{k_{oc}} \\ & : \\ & \Omega = \frac{U_{zc}}{k_{oc} + c_E} \\ & : \\ & \Omega = \frac{U_{zc}}{k_{oc} c_E} \\ & : \\ & \Omega = \frac{U_{zc} c_E}{k_{oc}} \\ & : \end{aligned}$$

5. Задание с графическим ответом

S: Напишите или изобразите правильный ответ

Q: Перечислите главные достоинства инерциальных навигационных систем.

: 1. Автономность 2. Возможность определения полного набора параметров ориентации и навигации (угловых и линейных скоростей, углов ориентации, линейных ускорений и координат объекта).