

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Страхов С.Ю.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ

Направление/специальность подготовки	24.05.06 Системы управления летательными аппаратами
Специализация/профиль/программа подготовки	Системы управления ракет
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационные и управляющие системы
Выпускающая кафедра	ИЗ Системы управления и компьютерные технологии
Кафедра-разработчик рабочей программы	ИЗ Системы управления и компьютерные технологии

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	3	108	68	34	17	17	40	0	0	40	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

**24.05.06 Системы управления летательными аппаратами**

год набора группы: 2026

Программу составили:

Кафедра ИЗ Системы управления и компьютерные технологии  
Хамидуллин Вакиф Карамович, д.т.н., профессор, профессор

\_\_\_\_\_

Кафедра ИЗ Системы управления и компьютерные технологии  
Ершов Сергей Олегович, к.т.н., доцент, доцент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **ИЗ Системы управления и компьютерные технологии**

Заведующий кафедрой Сырцев А.Н., д.воен.н., снс

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**ИЗ Системы управления и компьютерные технологии**

Заведующий кафедрой Сырцев А.Н., д.воен.н., снс

\_\_\_\_\_

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ**

**Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-3 — Способен определять состав и структуру системы управления летательным аппаратом, выбирать способ управления полетом  
ОПК-7 — Способен на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательными аппаратами различного назначения, как объектов ориентации, стабилизации, навигации, управления движением, а также создавать математические модели, позволяющие прогнозировать тенденцию их развития как объектов управления и тактики их применения

ОПК-Д-1 — Способен анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах на основе приобретенных знаний

ОПК-Д-6 — Способен осуществлять сбор и анализ научно-технической информации, обобщать отечественный и зарубежный опыт в области средств автоматизации и управления

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-3**

знания:

устройства и работы основных инерциальных, прежде всего, гироскопических информационно-измерительных устройств и акселерометров, используемых в современных системах управления летательными аппаратами;;

умения:

определять функциональные и технические характеристики основных гироскопических приборов и устройств;;

навыки:

выбора и обоснования состава гироскопических комплексов и акселерометров навигационных систем летательных аппаратов..

### **ОПК-7**

знания:

устройства и работы основных инерциальных, прежде всего, гироскопических информационно-измерительных устройств и акселерометров, используемых в современных системах управления летательными аппаратами;

умения:

строить модели информационно-измерительных устройств систем навигации и управления движением;

навыки:

выбора и обоснования состава гироскопических комплексов и акселерометров навигационных систем летательных аппаратов.

### **ОПК-Д-1**

знания:

устройства и работы основных гироскопических информационно-измерительных устройств и акселерометров, используемых в современных технических системах;

навыки:

выбора и обоснования состава гироскопических комплексов в технических системах.

### **ОПК-Д-6**

умения:

строить модели информационно-измерительных устройств;

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.06 *Системы управления летательными аппаратами*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА, ЭЛЕКТРОНИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ, НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач
- ОПК-8 — Способен проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)"
- ОПК-Д-1 — Способен анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах на основе приобретенных знаний
- ОПК-Д-2 — Способен формулировать задачи управления в специальных организационно-технических системах и обосновывать методы их решения
- ОПК-Д-3 — Способен самостоятельно решать задачи управления в специальных организационно-технических системах на базе последних достижений науки и техники
- ПК-4 — Способен проектировать подсистемы и элементы систем управления ракет и других летательных аппаратов

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %			
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-3	ОПК-7	ОПК-Д-1	ОПК-Д-6
4	7	<b>Раздел 1. Основные сведения из теории гироскопа.</b> 1.1. Устройство и принцип работы трехстепенного механического гироскопа. 1.2. Условия возникновения кориолисова ускорения. 1.3. Стабилизирующее свойство трехстепенного астатического гироскопа. 1.4. Принцип действия гировертиканта. 1.5. Принцип действия гиригоризонта. 1.6. Основные типы роторных механических гироскопов. 1.7. Общая сравнительная характеристика современных гироскопов. 1.8. Последовательность действий при составлении уравнений движения с применением углов Эйлера-Крылова.	17	11	4	4	3	6	10	10	10	10
4	7	<b>Раздел 2. Трехстепенные астатические гироскопы с кардановым подвесом.</b> 2.1. Движение главной оси гироскопа под действием постоянных моментов. 2.2. Условия появления регулярной и псевдорегулярной прецессии трехстепенного гироскопа. 2.3. Структурные схемы и передаточные функции трехстепенного гироскопа. 2.4. Применение трехстепенного гироскопа. 2.5. Принципы работы двухкомпонентного измерителя угловых скоростей. 2.6. Принцип работы измерителя (датчика) угловых скоростей и его передаточная функция. 2.7. Применение двухстепенных гироскопов. Основные причины их погрешностей.	14	10	4	4	2	4	10	10	10	10
4	7	<b>Раздел 3. Гироскоп с электростатическим подвесом.</b> 3.1. Принцип работы гироскопа с электростатическим подвесом. 3.2. Особенности электростатического подвеса сферического ротора. 3.3. Характеристика статических и динамических свойств гироскопа с электростатическим подвесом. 3.4. Функционирование бесконтактной оптической системы съема выходной информации с ротора, вращающегося в электростатическом поле гироскопа. 3.5. Устройство и принцип действия гироскопа с электростатическим подвесом для блока чувствительных элементов системы ориентации космического аппарата.	14	10	4	4	2	4	10	10	10	10
4	7	<b>Раздел 4. Волновые твердотельные гироскопы.</b> 4.1. Принцип работы волновых твердотельных гироскопов. Режимы датчика угловой скорости и интегрирующего гироскопа. 4.2. Конструктивные особенности и источники погрешностей ВТГ с объемным резонатором. 4.3. Упругий подвес кольцевых резонаторов. Формы и частоты собственных колебаний кольцевого резонатора. Расщепление частот. 4.4. Особенности электронного контура управления ВТГ с кольцевым резонатором. 4.5. Микромеханические ВТГ с кольцевым резонатором.	12	6	4	0	2	6	15	15	15	15
4	7	<b>Раздел 5. Микромеханические гироскопы.</b> 5.1. Принцип работы микромеханических гироскопов (ММГ). 5.2. Классификационные признаки ММГ. 5.3. Взаимодействие каналов первичных и вторичных колебаний инерционной массы. 5.4. Основные характеристики ММГ (диапазон измерений, чувствительность, масштабный коэффициент, полоса пропускания) и их взаимосвязь. 5.5. Конструктивные особенности гироскопов LL-типа. 5.6. Конструктивные особенности гироскопов RR-типа. 5.7. Сравнительные характеристики современных ММГ.	16	10	6	2	2	6	20	20	20	20
4	7	<b>Раздел 6. Волоконно оптические гироскопы.</b> 6.1. Интерферометр Саньяка. 6.2. Принцип работы и особенности конструкции лазерных гироскопов. 6.3. Принцип работы разомкнутых и замкнутых волоконно-оптических гироскопов. 6.4. Микрооптические гироскопы. 6.5. Основные направления миниатюризации оптических гироскопов.	10	6	4	0	2	4	15	15	15	15
4	7	<b>Раздел 7. Твердотельные микромеханические гироскопы на поверхностных акустических волнах.</b> 7.1. Определение твердотельных микромеханических гироскопов (ТМГ) на поверхностных акустических волнах (ПАВ). 7.2. Гироскопический эффект на бегущих ПАВ. 7.3. Приложение эффекта Кориолиса к бегущей (ПАВ). 7.4. ТМГ на стоячих ПАВ. 7.5. ТМГ на ПАВ с двойным преобразованием. 7.6. Сравнительная оценка перспектив развития ТМГ на ПАВ и ММГ.	12	6	4	0	2	6	10	10	10	10
4	7	<b>Раздел 8. Акселерометры.</b> 8.1. Классификация акселерометров. 8.2. Особенности измерительных цепей акселерометров прямого и компенсационного преобразования. 8.3. Статические и динамические характеристики акселерометров. 8.4. Особенности конструкций и сравнительная оценка основных характеристик интегральных и микромеханических акселерометров.	13	9	4	3	2	4	10	10	10	10
Всего за 7 семестр			108	68	34	17	17	40	100	100	100	100
Всего по дисциплине			108	68	34	17	17	40	100	100	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основные сведения из теории гироскопа.	Динамические характеристики гироскопов	3
2	Раздел 2. Трехстепенные астатические гироскопы с кардановым подвесом.	Математические модели трехстепенных астатических гироскопов с кардановым подвесом.	2
3	Раздел 3. Гироскоп с электростатическим подвесом.	Математические модели гироскопов с электростатическим подвесом	2
4	Раздел 4. Волновые твердотельные гироскопы.	Математические модели волновых твердотельных гироскопов.	2
5	Раздел 5. Микромеханические гироскопы.	Динамические характеристики микромеханических гироскопов	2
6	Раздел 6. Волоконно оптические гироскопы.	Математические модели волоконно оптических гироскопов	2
7	Раздел 7. Твердотельные микромеханические гироскопы на поверхностных акустических волнах.	Математические модели твердотельных микромеханических гироскопов	2
8	Раздел 8. Акселерометры.	Математические модели и расчет характеристик микромеханических акселерометров	2
<b>Всего за 7 семестр</b>			17

#### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основные сведения из теории гироскопа.	Исследование потенциометрических датчиков	4
2	Раздел 2. Трехстепенные астатические гироскопы с кардановым подвесом.	Исследование астатического гироскопа	4
3	Раздел 3. Гироскоп с электростатическим подвесом.	Исследование гировертекали маятниковой коррекции	4
4	Раздел 5. Микромеханические гироскопы.	Исследование гиротаксометра	2
5	Раздел 8. Акселерометры.	Защита лабораторных работ	3
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>17</b>

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основные сведения из теории гироскопа.	Изучение предусмотренной программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе, Подготовка к практическим занятиям, Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы.	6
2	Раздел 2. Трехстепенные астатические гироскопы с кардановым подвесом.	Изучение предусмотренной программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе, Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы	4
3	Раздел 3. Гироскоп с электростатическим подвесом.	Изучение предусмотренной программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе, подготовка к практическим занятиям, Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы	4
4	Раздел 4. Волновые твердотельные гироскопы.	Изучение предусмотренной программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе, Подготовка к практическим занятиям, Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы	6
5	Раздел 5. Микромеханические гироскопы.	Изучение предусмотренной программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	6
6	Раздел 6. Волоконно оптические гироскопы.	Изучение предусмотренной программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	4
7	Раздел 7. Твердотельные микромеханические гироскопы на поверхностных акустических волнах.	Изучение предусмотренной программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе, Подготовка к практическим занятиям	6
8	Раздел 8. Акселерометры.	Изучение предусмотренной программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе, Подготовка к практическим занятиям, Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы	4
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>40</b>

## 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7				КВ		ДР		ЛР		ДР	ЛР		ЛР		ЛР	ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- КВ – контрольные вопросы;
- ЛР – лабораторная работа.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- контрольные вопросы;
- лабораторная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Электротехника и измерительные преобразователи. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, 152 экз.
2. В. А. Матвеев. Гироскоп - это просто. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2012, эл. рес.
3. В. В. Матвеев, В. Я. Распопов. . Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем. СПб.: Изд-во ЦНИИ "Электроприбор", 2009, эл. рес.
4. В. К. Хамидуллин. . Технические средства навигации и управления движением. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, эл. рес.
5. В. К. Хамидуллин. . Технические средства навигации и управления движением. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 38 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://ibooks.ru/> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
3. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
4. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/> - КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.



## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор.

### **6.3. Лабораторные занятия:**

1. Лабораторная установка для исследования потенциалом датчиков, индуктив. датчика, вращающихся трансформаторов, сельсинов, гиротакметра, гироскопов, астатического гироскопа, ультразвукового дальномера.

### **6.4. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.06 *Системы управления летательными аппаратами*. Дисциплина реализуется на факультете И Информационные и управляющие системы БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой ИЗ Системы управления и компьютерные технологии.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-3 Способен определять состав и структуру системы управления летательным аппаратом, выбирать способ управления полетом;  
ОПК-7 Способен на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательными аппаратами различного назначения, как объектов ориентации, стабилизации, навигации, управления движением, а также создавать математические модели, позволяющие прогнозировать тенденцию их развития как объектов управления и тактики их применения;  
ОПК.Д-1 Способен анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах на основе приобретенных знаний;  
ОПК.Д-6 Способен осуществлять сбор и анализ научно-технической информации, обобщать отечественный и зарубежный опыт в области средств автоматизации и управления.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теорией гироскопа, принципами действия, назначением, конструкцией, математическими моделями и характеристиками гироскопических приборов и датчиков, а также датчиков другой физической природы, применяемых в системах навигации и управления движением.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- контрольные вопросы;
- лабораторная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**40 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 40 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Основные сведения из теории гироскопа.</b>		
Изучение предусмотренной программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе, Подготовка к практическим занятиям, Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы.	В. К. Хамидуллин. . Технические средства навигации и управления движением: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (главы 1,2) В. А. Матвеев. Гироскоп - это просто: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2012 (раздел 2) . Электротехника и измерительные преобразователи: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (подраздел 2,2) В. В. Матвеев, В. Я. Распопов. . Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем: СПб.: Изд-во ЦНИИ "Электроприбор", 2009 (глава 1)	6
Итого по разделу 1		6
<b>Раздел 2. Трехстепенные астатические гироскопы с кардановым подвесом.</b>		
Изучение предусмотренной программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе, Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы	. Электротехника и измерительные преобразователи: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (раздел 2) В. В. Матвеев, В. Я. Распопов. . Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем: СПб.: Изд-во ЦНИИ "Электроприбор", 2009 (глава 2) В. К. Хамидуллин. . Технические средства навигации и управления движением: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (глава 2)	4
Итого по разделу 2		4
<b>Раздел 3. Гироскоп с электростатическим подвесом.</b>		
Изучение предусмотренной программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе, подготовка к практическим занятиям, Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы	В. К. Хамидуллин. . Технические средства навигации и управления движением: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (глава 3) В. В. Матвеев, В. Я. Распопов. . Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем: СПб.: Изд-во ЦНИИ "Электроприбор", 2009 (глава 3)	4
Итого по разделу 3		4
<b>Раздел 4. Волновые твердотельные гироскопы.</b>		
Изучение предусмотренной программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе, Подготовка к практическим занятиям, Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы	. Электротехника и измерительные преобразователи: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (раздел 4) В. В. Матвеев, В. Я. Распопов. . Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем: СПб.: Изд-во ЦНИИ "Электроприбор", 2009 (глава 4) В. К. Хамидуллин. . Технические средства навигации и управления движением: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (глава 4)	6
Итого по разделу 4		6
<b>Раздел 5. Микромеханические гироскопы.</b>		
Изучение предусмотренной программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	В. К. Хамидуллин. . Технические средства навигации и управления движением: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (глава 5)	6
Итого по разделу 5		6
<b>Раздел 6. Волоконно оптические гироскопы.</b>		
Изучение предусмотренной программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	В. К. Хамидуллин. . Технические средства навигации и управления движением: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (6)	4
Итого по разделу 6		4
<b>Раздел 7. Твердотельные микромеханические гироскопы на поверхностных акустических волнах.</b>		
Изучение предусмотренной программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе, Подготовка к практическим занятиям	В. К. Хамидуллин. . Технические средства навигации и управления движением: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (глава 7)	6
Итого по разделу 7		6

Раздел 8. Акселерометры.		
Изучение предусмотренной программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе, Подготовка к практическим занятиям, Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы	В. К. Хамидуллин. . Технические средства навигации и управления движением: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (глава 8)	4
Итого по разделу 8		4

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- контрольные вопросы;
- лабораторная работа;
- экзамен.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Контрольные вопросы

Контрольные вопросы в УМК дисциплины.

#### Лабораторная работа

Защита лабораторных работ предусматривает обсуждение результатов опытов, представленных в отчете.

#### Экзамен

Допуск к экзамену осуществляется при выполнении всех контрольных мероприятий в семестре.

Экзаменационный билет включает в себя два теоретических вопроса. Списки вопросов к экзамену представлены в УМК дисциплины.

Оценка- "отлично" ставится за два полных ответа на вопросы билета.

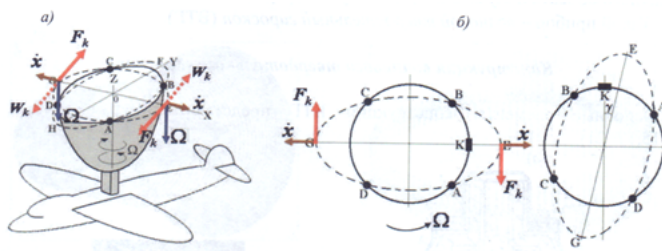
Оценка- "хорошо" ставится за один полный ответ и один не полный ответ на вопросы билета.

Оценка- "удовлетворительно" ставится за два неполных ответа на вопросы билета на основании выполнения всех контрольных мероприятий семестра.

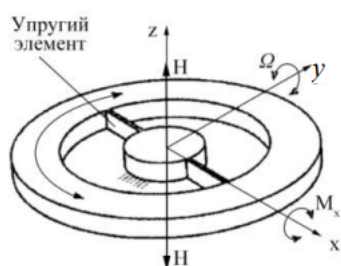
КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %				НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-3	ОПК-7	ОПК-Д-1	ОПК-Д-6	
4	7	Раздел 1. Основные сведения из теории гироскопа.	17	11	4	4	3	6	10	10	10	10	Контрольные вопросы
4	7	Раздел 2. Трехстепенные астатические гироскопы с кардановым подвесом.	14	10	4	4	2	4	10	10	10	10	Контрольные вопросы, Лабораторная работа
4	7	Раздел 3. Гироскоп с электростатическим подвесом.	14	10	4	4	2	4	10	10	10	10	Контрольные вопросы, Лабораторная работа
4	7	Раздел 4. Волновые твердотельные гироскопы.	12	6	4	0	2	6	15	15	15	15	Контрольные вопросы, Лабораторная работа
4	7	Раздел 5. Микромеханические гироскопы.	16	10	6	2	2	6	20	20	20	20	Контрольные вопросы, Лабораторная работа
4	7	Раздел 6. Волоконно оптические гироскопы.	10	6	4	0	2	4	15	15	15	15	Контрольные вопросы
4	7	Раздел 7. Твердотельные микромеханические гироскопы на поверхностных акустических волнах.	12	6	4	0	2	6	10	10	10	10	Контрольные вопросы
4	7	Раздел 8. Акселерометры.	13	9	4	3	2	4	10	10	10	10	Контрольные вопросы, Лабораторная работа
Всего за 7 семестр			108	68	34	17	17	40	100	100	100	100	
Всего по дисциплине			108	68	34	17	17	40	100	100	100	100	

ПК-3 - Способен определять состав и структуру системы управления летательным аппаратом, выбирать способ управления полетом

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Опишите принцип действия волнового твердотельного гироскопа (ВТГ) (см.рисунок)



- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Опишите принцип действия роторного микромеханического гироскопа RR-типа



- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие  
Соотнести классы гироскопов с типами:

1. роторные гироскопы
2. кориолисовы вибрационные гироскопы
3. оптические гироскопы
4. волновые твердотельные гироскопы
- а) гироскопы с механическим подвесом
- б) лазерные
- в) гироскопы с объемным резонатором
- г) стержневые
- д) поплавковые

- № 4 Прочитайте текст и установите соответствие  
Соотнести тип гироскопа с принципом работы:

1. Механические гироскопы
2. Лазерные гироскопы
3. Оптические гироскопы
4. Микромеханические гироскопы
- б) Работают на принципе сохранения кинетического момента вращающегося ротора.
- а) Измеряют угловую скорость, используя эффект Саньяка в кольцевом резонаторе с лазерным светом.
- в) Маленькие и компактные устройства, использующие вибрационные или другие микромеханические элементы для измерения угловой скорости.
- г) Вместо кольцевого резонатора используют оптическое волокно.

- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность

Укажите последовательность преобразования физических величин в акселерометре:

1. Перемещение
2. Сила
3. Ускорение
4. Электрическое напряжение

№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность

Расставьте этапы измерения угловой ориентации с помощью поплавкового гироскопа:

1. Запуск гироскопа и калибровка
2. Интеграция угловой скорости:
3. Измерение угловой скорости:
4. Обработка данных

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какой вид подвеса, используется в ЭСГ:

1. Электростатические
2. Электромагнитные
3. Воздушные
4. Поплавковый

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Материалы, используемые при изготовлении кольцевых резонаторов ВТГ

- 1) Никель
- 2) Алюминий
- 3) Плавленный кварц

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Материал ротора ЭСГ:

1. Бериллий
2. Алюминий
3. Медь
4. Сталь

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Применение волновых твердотельных гироскопов (ВТГ):

1. Стабилизация антенн
2. Инерциальная навигация подвижных объектов, в том числе БПЛА
3. Стабилизация двуногих роботов
4. Навигация в космическом пространстве
5. Пешеходная и автомобильная навигация с системами GPS и ГЛОНАСС

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Упругие элементы для поддержки кольцевого резонатора волновых твердотельных гироскопов (ВТГ)

- 1) Внутренние радиально-дуговые
- 2) Внешние дуговые
- 3) Внутренние S-образные
- 4) Волнообразные

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Режимы работы волновых твердотельных гироскопов (ВТГ)

- 1) датчик угловой скорости (ДУС)
- 2) интегратор
- 3) акселерометр

**ОПК-7 - Способен на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательными аппаратами различного назначения, как объектов ориентации, стабилизации, навигации, управления движением, а также создавать математические модели, позволяющие прогнозировать тенденцию их развития как объектов управления и тактики их применения**



№ 1 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов для чего применяется волновой твердотельный гироскоп (ВТГ):

- 1.Стабилизация антенн
- 2.Инерциальная навигация подвижных объектов, в том числе БПЛА
- 3.Стабилизация двуногих роботов
4. Навигация в космическом пространстве

№ 2 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Где применяются микромеханические гироскопы (ММГ) и микромеханические акселерометры (ММА), имеющие минимум массы, габаритов, энергопотребления и стоимости, остаточный дрейф на уровне 1 град/ч:

1. В средствах связи
2. В авиационных бомбах
3. В ракетной технике
- 4.В артиллерии

№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Дайте понятие "Псевдодалность - "

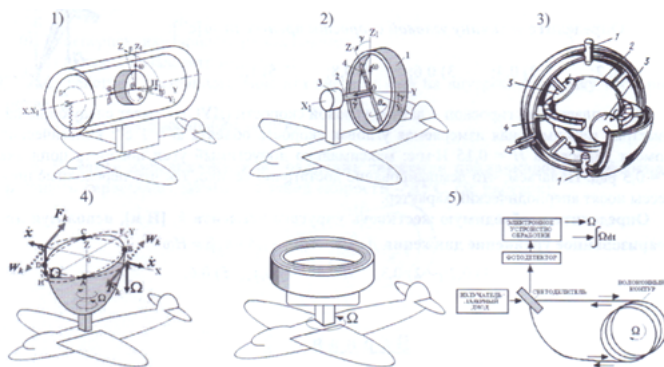
№ 4 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

**Напишите достоинства волнового твердотельного гироскопа (ВТГ)**

№ 5 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите изображение гироскопа с названием

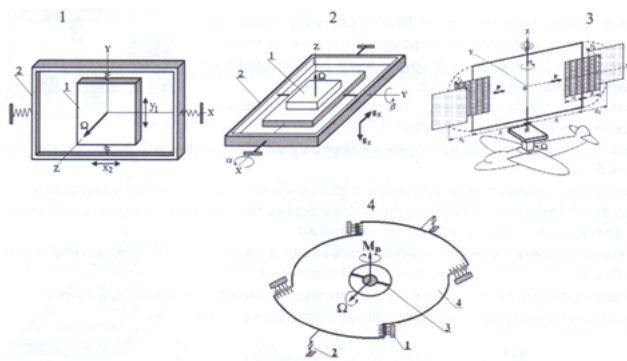
- а) поплавковый гироскоп;
- б)динамически настраиваемый гироскоп;
- в)электростатический гироскоп;
- г)волновой твердотельный гироскоп;
- д)волоконно-оптический гироскоп.



№ 6 Прочитайте текст и установите соответствие

На рисунке приведены пронумерованные **кинематические схемы микромеханических гироскопов (ММГ)**, соотнесите изображения с назв: ММГ:

- а) карданный ММГ;
- б) планарный ММГ;
- в) камертонный ММГ;
- г) роторный ММГ.



№ 7 Прочитайте текст и установите последовательность  
Расставьте в правильном порядке основные этапы развития гироскопов:

1. Гироскопы лазерного типа
2. Механические гироскопы
3. Микромеханические (МЭМС) гироскопы

№ 8 Прочитайте текст и установите последовательность  
Расставьте типы гироскопов по степени точности:

1. Электростатические
2. На магнитных подвесах
3. Волоконно-оптические
4. Механические
5. Микромеханические
6. Поплавковые интегрирующие

используя рисунок как подсказку



Рис. 1.17. Остаточная скорость ухода (в градусах в час)  
гироскопов различных типов

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какая теорема динамики механических систем лежит в основе теории гироскопов:

1. теорема об изменении кинетической энергии
2. теорема об изменении количества движения
3. теорема об изменении кинетического момента
4. принцип Даламбера

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Гироскоп это:

1. твердое тело, совершающее поступательное движение
2. твердое тело, быстро вращающееся вокруг оси симметрии, одна из точек которой неподвижна
3. твердое тело, совершающее плоскопараллельное движение
4. твердое тело, медленно вращающееся вокруг неподвижной оси

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какой раздел динамики лежит в основе теории гироскопов?

1. динамика плоского движения твердого тела
2. динамика поступательного движения твердого тела
3. динамика вращательного движения твердого тела вокруг неподвижной оси
4. динамика сферического движения твердого тела

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Уход Магнуса астатического гироскопа в кардановом подвесе имеет место:

1. при отсутствии диссипации энергии
2. при действии постоянного момента внешних сил на наружную рамку карданова подвеса
3. при наличии начального импульса
4. при неперпендикулярности рамок подвеса

**ОПК-Д-1 - Способен анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах на основе приобретенных знаний**

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Какой гироскоп сохраняет равновесие при любом положении его ротора?

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Опишите принцип работы гироскопа с кардановым подвесом и объясните, как он позволяет стабилизировать положение главной оси в пространстве

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие  
Установите соответствие между типом гироскопа и его основной характеристикой/областью применения:

ти гироскопа	область применения
1. Электростатический гироскоп (ЭСГ)	А. Используется в БИНС с небольшим временем функционирования, отличается малой массой и энергопотреблением
2. Микромеханический гироскоп (ММГ)	Б. Применяется в морских ИНС, имеет малый дрейф, требует карданового подвеса
3. Волновой твердотельный гироскоп (ВТГ)	В. Относится к классу оптических гироскопов, применяется в ИНС средней и высокой точности
	Г. Не имеет вращающегося ротора, использует стоячие волны в твёрдом теле, применяется в навигационных системах

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие  
Соотнесите название гироскопического устройства и измеряемые им углы:

Устройство	Измеряемые углы
1. «Курс–крен»	А. Углы рыскания ( $\alpha$ ) и тангажа ( $\beta$ )
2. «Тангаж–рыскание»	Б. Углы крена ( $\gamma$ )
3. «Крен–тангаж»	В. Углы рыскания ( $\alpha$ ) и крена ( $\gamma$ )
	Г. Углы крена ( $\gamma$ ) и тангажа ( $\beta$ )

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Что является основным показателем точности для астатического гироскопа?

- а) диапазон измерений угловой скорости;
- б) скорость ухода (дрейф) гироскопа;
- в) погрешность измерения линейного ускорения;
- г) время стабилизации после включения.

№ 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какое свойство гироскопа позволяет использовать его для определения вращения Земли?

- а) способность сохранять направление оси вращения в пространстве;
- б) возникновение кориолисова ускорения при вращении;
- в) прецессия под действием гравитационного момента;
- г) изменение угловой скорости вращения ротора.

№ 7 Прочитайте текст и установите последовательность  
Расположите в правильной последовательности этапы развития гироскопической техники (от ранних к поздним):

- а) применение шариковых подшипников в гироскопах;
- б) изобретение гироскопа Л. Фуко с кардановым подвесом;
- в) разработка микромеханических гироскопов (ММГ);
- г) использование газовых турбин и электрических двигателей для вращения ротора.

- № 8 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите правильную последовательность действий при измерении отклонения ракеты от заданной траектории с помощью гироскопа «вертикант»:
- поворот рулей управления для возвращения ракеты к заданной плоскости полёта;
  - отклонение ракеты от плоскости полёта  $\xi_{PD}$  и поворот вокруг оси  $Oz_{zc}$ ;
  - получение электрического сигнала автопилотом;
  - перемещение движка потенциометра ПС по обмотке и снятие электрического сигнала.
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какой фактор в наибольшей степени затруднял практическое применение гироскопов до начала XX века?
- отсутствие эффективных источников энергии для вращения ротора;
  - недостаточная угловая скорость вращения ротора;
  - высокое трение в опорах подвеса;
  - сложность изготовления карданных колец.
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Где применяются микромеханические гироскопы (ММГ) и микромеханические акселерометры (ММА), имеющие минимум массы, габаритов, энергопотребления и стоимости, остаточный дрейф на уровне 1 град/ч:
- В средствах связи
  - В авиационных бомбах
  - В ракетной технике
  - В артиллерии
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Для чего применяется волновой твердотельный гироскоп (ВТГ):
- Стабилизация антенн
  - Инерциальная навигация подвижных объектов, в том числе БПЛА
  - Стабилизация двуногих роботов
  - Навигация в космическом пространстве
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Уход Магнуса астатического гироскопа в кардановом подвесе имеет место:
- при отсутствии диссипации энергии
  - при действии постоянного момента внешних сил на наружную рамку карданова подвеса
  - при наличии начального импульса
  - при неперпендикулярности рамок подвеса
- ОПК-6 - Способен осуществлять сбор и анализ научно-технической информации, обобщать отечественный и зарубежный опыт в области средств автоматизации и управления**
- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Где применяют акселерометры
- № 2 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие из перечисленных типов гироскопов относятся к классу оптических?
- лазерный гироскоп (ЛГ);
  - волоконно-оптический гироскоп (ВОГ);
  - волновой твердотельный гироскоп (ВТГ);
  - микромеханический гироскоп (ММГ).
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие углы Эйлера необходимы для определения положения твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной точки?
- угол поворота вокруг одной из осей неподвижной системы координат;
  - угол поворота вокруг линии узлов (линии пересечения плоскостей);
  - угол поворота вокруг одной из осей подвижной системы координат;
  - угол между вектором угловой скорости и осью вращения.
- № 4 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие функции выполняют гироскопы в системах управления подвижными объектами?
- измерение углов отклонения от заданного направления;
  - стабилизация положения объекта в пространстве;
  - определение географической широты и долготы;

- г) формирование сигналов для автопилота при отклонении от траектории.
- № 5 Прочитайте текст и установите соответствие  
Соотнесите элемент конструкции ЭСГ с его функцией:
- | Элемент конструкции                                | Функция   |
|--|---|
| 1. Ротор из бериллия (пустотелый шар, $D = 50$ мм) | А. Обеспечивает высокую инерционность и стабильность вращения |
| 2. Вакуумный насос магниторазрядного типа          | Б. Обеспечивает стабилизацию подвеса                          |
| 3. Дифференцирующая цепь                           | В. Корректирует устойчивость подвеса                          |
|  | Г. Создает условия для минимизации трения (вакуум)            |
- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите правильную последовательность этапов работы акселерометра на основе МЭМС-технологий:
- преобразование механического смещения в электрический сигнал;
  - фиксация смещения инертной массы относительно корпуса;
  - возникновение силы инерции при ускорении объекта;
  - обработка электрического сигнала для определения величины ускорения;
  - воздействие ускорения на акселерометр.
- № 7 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Напишите достоинства волнового твердотельного гироскопа (ВТГ)
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какое минимальное количество одноосных ММГ и ММА необходимо для управления движением объекта в трёхмерном пространстве?
- 2;
  - 3;
  - 6;
  - 8.
- № 9 Прочитайте текст и установите последовательность  
Расположите в правильной последовательности этапы измерения угловой скорости с помощью волоконно-оптического гироскопа (ВОГ):
- регистрация разности фаз между встречными световыми волнами на фотоприёмнике;
  - разделение светового луча на два луча, распространяющихся в противоположных направлениях по оптоволокну;
  - вычисление угловой скорости вращения на основе разности фаз;
  - воздействие вращения на систему, вызывающее эффект Саньяка;
  - прохождение световых лучей через оптоволокну длиной до 1–2 км.
- № 10 Прочитайте текст и установите соответствие  
Соотнесите тип гироскопа с его ключевой характеристикой и областью применения:
- | Тип гироскопа                 | Характеристика и применение   |
|-------------------------------|---|
| 1. ВОГ (волоконно-оптический) | А. Высокая точность, средняя масса-габариты, высокая стоимость; используется в навигационных системах                     |
| 2. ММГ (микромеханический)    | Б. Миниатюрные размеры, низкое энергопотребление, остаточный дрейф $\sim 1$ град/ч; применяется в ракетной технике и БПЛА |
| 3. ЭСГ (электростатический)   | В. Высокая точность, длительный выбег ротора (до 50–500 лет); используется на морских подвижных объектах                  |
| 4. МГ (механический)          |   |
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какой материал чаще всего используется при изготовлении резонаторов волновых твердотельных гироскопов (ВТГ)?
- алюминий;
  - кварцевое стекло;
  - пластик;
  - медь.
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какова основная функция дифференцирующей цепи в конструкции электростатического гироскопа (ЭСГ)?
- увеличение скорости вращения ротора;
  - корректировка устойчивости подвеса;
  - снижение энергопотребления;
  - усиление выходного сигнала.