

**Федеральное агентство по образованию**  
**Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования**  
**Пермский государственный технический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Ректор ПГТУ

д-р техн. наук, проф.

\_\_\_\_\_ В.Ю. Петров

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2010г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**  
**по дисциплине**  
**Инерциальные навигационные системы**  
**на волоконно-оптических гироскопах**

**Форма обучения - очная**

**Трудоёмкость:** 20 ауд. часов по рабочему учебному плану (РУП)

**Виды контроля:** экзамен.

Пермь, 2010 г.

Рабочая программа составлена на основании технического задания к договору оказания услуг № 2010/602 от 11 января 2010 г. между государственной корпорацией «Российская корпорация нанотехнологий» (сокращенное наименование - ГК «Роснано»)) и государственным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет».

Образовательная программа повышения квалификации одобрена методической комиссией факультета прикладной математики и механики «18» февраля 2010 г. протокол № 5.

Разработчики:	зав. лаборатории управления и навигации мех.-мат. факультета МГУ им.М.В.Ломоносова, д.ф-м.н., профессор	Голован А.А.
	доцент кафедры ИВКЛА ПГТУ, к.т.н., доцент	Николаев С.Г.
Рецензент	директор института фотоники и оптоэлектронного приборостроения ПГТУ	Первадчук В.П.
Председатель методической комиссии факультета ПММ	к.т.н., доцент	Катаев С.П.
Согласовано:		
Начальник УМУ	к.т.н., доцент	Данилов А.Н.

## 1. Цели и задачи образовательной программы

**1.1 Цель** – получение знаний основных понятий и принципов инерциальной навигации, знаний основ конструкции и технологии изготовления бесплатформенных инерциальных навигационных систем на ВОГ и волоконно-оптических гироскопов, приобретение умений и навыков разработки программно-математического обеспечения интегрированных инерциально-спутниковых навигационных систем на базе волоконно-оптических гироскопов, навыков обработки информации с использованием вейвлет-преобразований.

**1.2. Категория обучаемых:** инженеры-исследователи, инженеры-технологи, инженеры-конструкторы и инженеры-операторы с базовым образованием по следующим специальностям: измерительно-вычислительные комплексы летательных аппаратов, радиофизика и электроника, физика конденсированного состояния, композиционные материалы.

### 1.3. Предметом изучения дисциплины являются следующие объекты:

Инерциальные навигационные системы на волоконно-оптических гироскопах.

### 1.4 Место дисциплины в профессиональной подготовке выпускников:

данная дисциплина является специальной, изучается на основе дисциплин «Теоретические основы волоконной и интегральной оптики» и «Конструкции и технологии волоконно-оптических элементов и систем».

## 2. Квалификационные требования к результатам освоения содержания дисциплины

### 2.1 Базовые и специальные компетенции:

Компетенции	№	Формулировка
Базовые знания (СЗ)	6	Знание основ конструкции и технологии изготовления волоконно-оптических гироскопов и БИНС на ВОГ

	7	Знание основных понятий и принципов инерциальной навигации
Базовые умения и навыки (СУН)	14	Навыки разработки программно-математического обеспечения интегрированных инерциально-спутниковых навигационных систем на базе волоконно-оптических гироскопов
	16	Обработка информации с использованием технологии вейвлет-преобразований с целью распознавания различных объектов

В результате изучения дисциплины обучаемый должен

**в пределах компетенций 6,7:**

**иметь представления** об основных понятиях и принципах инерциальной навигации, основах конструкции и технологии изготовления волоконно-оптических гироскопов;

- **знать** принципы инерциальной навигации и основы конструкции и технологии изготовления волоконно-оптических гироскопов и БИНС на ВОГ;

- **уметь** анализировать конструкции и технологии изготовления волоконно-оптических гироскопов;

- **владеть** навыками технологии изготовления волоконно-оптических гироскопов и умениями оценки влияния технологии на погрешности волоконно-оптических гироскопов;

- **иметь навыки** применения на практике анализа конструкции и технологии изготовления волоконно-оптических гироскопов

- **иметь навыки** составления математических моделей погрешностей волоконно-оптических гироскопов;

- **владеть навыками** построения математических моделей ошибок БИНС с различными опорными системами координат;

**в пределах компетенций 14,16:**

- **иметь представления** о программно-математическом обеспечении интегрированных инерциально-спутниковых навигационных систем на базе ВОГ;

- **знать** структуру программно-математического обеспечения навигационных систем на базе ВОГ;

- **уметь** применять программно-математическое обеспечение навигационных систем на базе ВОГ в режиме постобработки;

- **владеть** методиками разработки программно-математического обеспечения навигационных систем на базе ВОГ;

- **иметь навыки** разработки программно-математического обеспечения навигационных систем на базе ВОГ.

- **иметь навыки** обработки информации с использованием вейвлет-преобразований.

### 3. Объём дисциплины и виды учебной работы

Таблица 3.1

<b>№ п.п.</b>	<b>Виды учебной работы</b>	<b>Кол-во часов</b>
1	Аудиторная работа	20
2	Лекции (ЛК)	12
	Практические занятия (ПЗ)	4
	Лабораторные занятия (ЛЗ)	4
3	Самостоятельная работа	10

4	Самостоятельное изучение теоретического материала	10
5	Вид контроля (промежуточный)	Тестирование экзамен
6	Трудоемкость дисциплины (всего)	30

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Обязательный минимум содержания дисциплины

Таблица 4.1

Индекс	Содержание дисциплины (дидактические единицы, установленные вузом)	Всего часов
	Особенности построения БИНС на ВОГ. Режимы работы БИНС. Математическое обеспечение работы БИНС. Технология сборки БИНС. Калибровка БИНС. Испытания БИНС	20

##### 4.2. Разделы, темы и виды занятий (тематический план)

Таблица 4.2

№ ОУ	Номер раздела	Номер темы	Количество часов (очная форма обучения)		
			аудиторная работа	Самостоя-	Всего

<b>М</b>		<b>дисциплины</b>	<b>вес</b>	<b>Лк</b>	<b>П</b>	<b>Л</b>	<b>другие</b>	<b>тельная работа (СРС)</b>	
			<b>о</b>		<b>З</b>	<b>Р</b>	<b>виды</b>		
							<b>ы</b>		
Mod 1		Тема 1	3	2	1				3
		Тема 2	3	2	1				3
		Тема 3	3	2	1				3
		Тема 4	2	2					2
		Тема 5	9	4	1	4			9
		Экзамен							
<b>Итого</b>			<b>20</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>4</b>			<b>20</b>

### 4.3. Содержание разделов учебной дисциплины

**Тема 1. Теоретические основы метода инерциальной навигации.** Лк–   2   часа, пр. - 1 компетенции 6,7.

Системы координат. Матрицы ориентации. Конечные вращения систем. Параметры Родрига-Гамильтона. Кватернионы. Взаимосвязь углов поворота систем координат и кватернионов. Навигационная модель формы Земли. Геометрические соотношения. Кинематика вращательных движений. Кинематические уравнения движения. Потенциал силы тяготения. Модели нормальных составляющих ускорения силы тяжести и тяготения.

**Тема 2. Программно-математическое обеспечение БИНС на ВОГ.** Лк–   2   часа, пр. -1 ч. компетенции 7,14.

Метод инерциальной навигации. Приборный трехгранник. Автономная система инерциальной навигации. Модельные уравнения бесплатформенных инерциальных навигационных систем в разных опорных системах координат. Модельные уравнения вертикального канала. Модификации модельных уравнений. Модельные кинематические уравнения. Уравнения ошибок бесплатформенной инерциальной навигационной системы.

**Тема 3. Программно-математическое обеспечение интегрированных инерциально-спутниковых навигационных систем на ВОГ.** Лк.-   2   часа, пр. – 1 ч., компетенции 7,14,16.

Математические модели задачи комплексирования бесплатформенных инерциальных навигационных систем. Алгоритмы комплексирования. Модели инструментальных погрешностей чувствительных элементов БИНС. Модель уравнений ошибок БИНС. Спутниковая навигационная информация. Модели корректирующих измерений. Ошибки синхронизации спутниковых и инерциальных данных. Формирование коррекционных поправок к выходной информации БИНС.

**Тема 4. Математические модели ошибок БИНС на ВОГ.** Лк.-   2   часа, компетенции 7,14,16.

Исходная модель погрешности акселерометров. Принятая модель погрешностей акселерометров. Исходная модель погрешностей ВОГ. Принятая модель погрешностей ВОГ. Уравнения ошибок горизонтальных каналов БИНС. Уравнения ошибок вертикального канала БИНС. Недостаточное разрешение позиционных, скоростных данных БИНС. Регуляризация.

**Тема 5. Выставка, калибровка и испытания БИНС на ВОГ.** Лк.-   4   часа, пр. – 1 ч., л.р. – 4 ч., компетенции 6,7,14,16.

Выставка бесплатформенных инерциальных навигационных систем. Режимы грубого и точного горизонтирования БИНС. Режим одинарного гирокомпасирования БИНС. Режим двойного гирокомпасирования БИНС. Модели инструментальных ошибок ВОГ. Режимы калибровки: статическая калибровка,

динамическая калибровка, понятие о калибровке с использованием математической модели ошибок БИНС.

#### 4.4. Темы практических занятий (4 часа)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Осваиваемые компетенции	Кол-во часов
1	1,5	Режимы работы БИНС	6,7,14,16	2
2	2,3	Математическое обеспечение интеграционных алгоритмов БИНС-СНС	7,14,16	2

#### 4.5. Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы	Осваиваемые компетенции	Кол-во часов
1	5	Калибровка БИНС на ВОГ	6,7,14,16	4

#### 4.6. Виды самостоятельной работы студентов

##### 4.6.1. Подготовка к аудиторным занятиям

##### 4.6.2. Прохождение Интернет-тестирования назначенного преподавателем

##### 4.6.3. Самостоятельное изучение теоретического материала (включая Интернет-тестирование) (10 часов)

#### Перечень вопросов для самостоятельного изучения

1. Основные схемы построения ВОГ.

2. Основные конструктивные элементы ВОГ.
3. Основные технологические процессы изготовления ВОГ.
4. Вопросы контроля качества изготовления ВОГ.
5. Основные понятия обработки информации с использованием технологии вейвлет-преобразований с целью распознавания различных объектов.

#### 4.6.4. Подготовка к лабораторной работе

### 5. Виды контроля

#### 5.1. Виды промежуточного контроля

№ п.п.	Номер модуля	Наименование материалов контроля	Оцениваемые компетенции
1	мод. 1	Количество тестовых заданий по данной дисциплине не менее 30	6,7,14,16

#### 5.2. Вид итогового контроля: экзамен

### 6. Порядок проведения экзамена

Экзамен устанавливается как форма аттестации по дисциплине.

Экзамен охватывает содержание изучаемой дисциплины. Срок и место проведения экзамена планируется расписанием. Экзамен принимается преподавателем - лектором.

Обучаемый допускается к сдаче экзамена, если он выполнил полностью все виды работ, предусмотренные рабочей программой.

Результат сдачи экзамена оценивается по каждой компетенции отдельно по трем уровням освоения: пороговый, средний, высокий.

## **7. Программа экзамена**

**Инерциальные навигационные системы на волоконно-оптических гироскопах.** Особенности построения БИНС на ВОГ. Режимы работы БИНС. Математическое обеспечение работы БИНС. Технология сборки БИНС. Калибровка БИНС. Испытания БИНС

## **8. Контрольно-измерительные материалы**

### **8.1. Вопросы для подготовки к зачету**

**по компетенции 6:**

1. Принцип работы ВОГ, основные характеристики, область применения.
2. Работа ВОГ по схеме оптического резонатора, достоинства и недостатки данной схемы.
3. Работа ВОГ по схеме волоконно-оптического интерферометра с разомкнутой петлей обратной связи, достоинства и недостатки данной схемы.
4. Работа ВОГ по схеме волоконно-оптического интерферометра с замкнутой петлей обратной связи, достоинства и недостатки данной схемы.
5. Источники излучения, фотоприемники и оптические модуляторы ВОГ.
6. Оптические элементы, поляризаторы и деполяризаторы ВОГ.
7. Электрооптические эффекты Керра и Поккельса и их использование при построении схемы ВОГ.
8. Эффекты Фарадея и Шьюппа и их влияние на формирование ошибок ВОГ.
9. Модель инструментальных ошибок ВОГ и способы их определения.
10. Температурные погрешности ВОГ.

**по компетенции 7 :**

1. Основные навигационные системы координат, координаты точки.
2. Навигационные модели формы Земли и поля тяготения.
3. Модельные уравнения БИНС в осях: инерциального, гринвичского, географического трехгранников.
4. Основные законы азимутальной ориентации опорного географического трехгранника, кинематические, геометрические модели.
5. Задача ориентации в БИНС, параметры ориентации, уравнения Пуассона, кватернионы. Понятие о простейших численных методах.
6. Расходимость автономного вертикального канала БИНС.
7. Типовые модели уравнений ошибок горизонтальных каналов БИНС. Шулеровские колебания.
8. Модели задачи калибровки чувствительных элементов БИНС.
9. Задача выставки: этап грубой выставки. Основные модели задачи.
10. Задача выставки: этап точной выставки. Основные модели задачи.

**по компетенциям 14,16 :**

1. Уравнения ошибок БИНС: разделение на динамическую и кинематическую составляющие ошибки.
2. Типовые модели инструментальных погрешностей инерциальных датчиков БИНС на ВОГ.
3. Вертикальный канал БИНС на ВОГ: уравнения ошибок, алгоритм демпфирования.
4. Горизонтальные каналы БИНС на ВОГ: модель уравнения ошибок.
5. Модели ошибок ориентации БИНС на ВОГ – модели ошибок определения углов курса, крена, тангажа.
6. Линейные модели позиционных спутниковых корректирующих измерений. Вторичная и первичная информация.

7. Линейные модели скоростных спутниковых корректирующих измерений.  
Вторичная и первичная информация.
8. Дискретный фильтр Калмана. Основные модели.
9. Метод квадратного корня дискретного фильтра Калмана.
10. Сглаживающий фильтр Калмана: фильтры в прямом и обратном времени.

## **8.2. Примеры тестовых заданий по компетенции 6**

### 8.2.1. ВОГ БИНС измеряет

- 1) угловую скорость качки объекта; 2) угловую скорость Гринвичской системы координат; 3) угловую скорость опорной системы координат с полусвободной ориентацией в азимуте; 4) угловую скорость объекта относительно инерциального пространства; 5) угловую скорость опорного трехгранника с географической ориентацией осей.

### 8.2.2. Акселерометр БИНС измеряет

- 1) относительное ускорение; 2) кориолисово ускорение; 3) удельную(специфическую) силу; 3) нормальное ускорение; 4) абсолютное ускорение; 5) кажущееся ускорение.

### 8.2.3. Принцип действия ВОГ основан

- 1) на эффекте Керра; 2) на эффекте Саньяка; 3) на эффекте Погкельса; 4) на эффекте Фарадея; 5) на эффекте Доплера.

### 8.2.4. Оптический контур ВОГ выполняется в виде

- 1) 6<sup>ти</sup> гранной призмы; 2) 5<sup>ти</sup> гранной призмы; 3) 4<sup>х</sup> гранной призмы; 4) волоконной катушки; 5) конической волоконной катушки.

### 8.2.5. Оптическое волокно ВОГ имеет

- 1) одну световодную жилу; 2) две световодные жилы; 3) три световодные жилы; 4) много световодных жил; 5) не имеет световодных жил.

### 8.2.6. микроструктурированное оптическое волокно ВОГ имеет

- 1) одну внутреннюю отражающую поверхность; 2) две внутренние отражающие поверхности; 3) много внутренних отражающих поверхностей; 4) не имеет внутренних отражающих поверхностей.

8.2.7. Двулучепреломление в оптическом волокне ВОГ достигается за счет

1) эллиптического сечения световодной жилы; 2) за счет круглых нагружающих стержней; 3) за счет нагружающих стержней в виде бабочки; 4) за счет легирования наружной поверхности оптоволокна. (Вычеркнуть неправильное).

8.2.8. ВОГ строится по схеме

1) оптического резонатора; 2) волоконно-оптического интерферометра с разомкнутой петлей обратной связи; 3) волоконно-оптического интерферометра с замкнутой петлей обратной связи; 4) двух волоконно-оптических контуров. (Вычеркнуть неправильное).

8.2.9. Общим элементом трехосного ВОГ является

1) волоконный контур; 2) оптический модулятор; 3) излучатель; 4) поляризатор; 5) фотоприемник.

8.2.10. Оптическая заглушка в оптической схеме ВОГ применяется для

1) поляризации оптических сигналов; 2) деполяризации оптических сигналов; 3) деления оптических сигналов; 4) подавления отраженных оптических сигналов; 5) уменьшения мощности оптического сигнала.

8.3. Примеры тестовых заданий по компетенции 7

8.3.1. Кватернионы это

1) углы Эйлера; 2) углы Крылова; 3) гиперкомплексные числа; 4) направляющие косинусы; 5) обобщенные координаты.

8.3.2. Кватернионы это математические конструкции, имеющие

1) две составляющие; 2) три составляющие; 3) четыре составляющие; 4) пять составляющих; 5) не имеющие составляющих.

8.3.3. Опорными координатными трехгранниками являются

1) инерциальная система координат  $O\xi_1\xi_2\xi_3$ ; 2) Гринвичская система координат  $O\eta_1\eta_2\eta_3$ ; 3) опорный трехгранник с географической ориентацией в координатной сетке  $Ox_1x_2x_3$ ; 4) опорный трехгранник ориентированный в азимуте в

ортодромической координатной сетке  $Ox_1^0x_2^0x_3^0$ ; 5) трехгранник, связанный с осями чувствительности ВОГ и акселерометров.(Вычеркнуть неправильное).

8.3.4. Опорный трехгранник с географической ориентацией в координатной сетке  $Ox_1x_2x_3$  вращается в инерциальном пространстве с угловой скоростью

$$1) \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{V_2}{R} \\ u \cos \varphi + \frac{V_1}{R} \\ u \sin \varphi + \frac{V_1 \operatorname{tg} \varphi}{R} \end{pmatrix}; \quad 2) \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} O \\ u \cos \varphi + \frac{V_1}{R} \\ u \sin \varphi + \frac{V_1 \operatorname{tg} \varphi}{R} \end{pmatrix}; \quad 3) \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} O \\ u \cos \varphi + \frac{V_1}{R} \\ O \end{pmatrix};$$

$$4) \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{V_1}{R} \\ u \cos \varphi + \frac{V_1}{R} \\ O \end{pmatrix}; \quad 5) \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{V_2}{R} \\ u \cos \varphi + \frac{V_1}{R} \\ u \sin \varphi \end{pmatrix}.$$

8.3.5. Опорный трехгранник  $Ox_1x_2x_3$  с относительно свободной ориентацией в азимуте вращается в инерциальном пространстве с угловой скоростью

$$1) \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{V_2}{R} \\ u \cos \varphi + \frac{V_1}{R} \\ u \sin \varphi + \frac{V_1 \operatorname{tg} \varphi}{R} \end{pmatrix}; \quad 2) \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} O \\ u \cos \varphi + \frac{V_1}{R} \\ u \sin \varphi + \frac{V_1 \operatorname{tg} \varphi}{R} \end{pmatrix}; \quad 3) \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} O \\ u \cos \varphi + \frac{V_1}{R} \\ O \end{pmatrix};$$

$$4) \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{V_1}{R} \\ u \cos \varphi + \frac{V_1}{R} \\ O \end{pmatrix}; \quad 5) \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{V_2}{R} \\ u \cos \varphi + \frac{V_1}{R} \\ u \sin \varphi \end{pmatrix}.$$

8.3.6. Опорный трехгранник  $Ox_1x_2x_3$  с абсолютно свободной ориентацией в азимуте вращается в инерциальном пространстве с угловой скоростью

$$1) \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{V_2}{R} \\ u \cos \varphi + \frac{V_1}{R} \\ u \sin \varphi + \frac{V_1 \operatorname{tg} \varphi}{R} \end{pmatrix}; \quad 2) \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} O \\ u \cos \varphi + \frac{V_1}{R} \\ u \sin \varphi + \frac{V_1 \operatorname{tg} \varphi}{R} \end{pmatrix}; \quad 3) \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} O \\ u \cos \varphi + \frac{V_1}{R} \\ O \end{pmatrix};$$

$$4) \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{V_2}{R} \\ u \cos \varphi + \frac{V_1}{R} \\ O \end{pmatrix}; \quad 5) \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{V_2}{R} \\ u \cos \varphi + \frac{V_1}{R} \\ u \sin \varphi \end{pmatrix}.$$

8.3.7. Калибровка БИНС на ВОГ выполняется с целью

1) определить начальную ориентацию объекта; 2) определить начальные значения линейных и угловых скоростей объекта; 3) определить структуру ошибок БИНС; 4) определить структуру ошибок ВОГ и акселерометров; 5) определить инструментальные ошибки ВОГ и акселерометров.

8.3.8. Выставка БИНС на ВОГ выполняется с целью

1) определения масштабных коэффициентов ВОГ и акселерометров; 2) определения уходов ВОГ; 3) определения перекосов осей чувствительности ВОГ и акселерометров; 4) определения начальных углов ориентации и начальных скоростей объекта; 5) определения структуры инструментальных ошибок ВОГ и акселерометров.

8.3.9. Вертикальный канал автономных БИНС, установленных на объектах с длительным временем работы не используется из-за

1) накапливающихся ошибок ВОГ; 2) накапливающихся ошибок акселерометров; 3) накапливающихся ошибок ВОГ и акселерометров; 4) накапливающихся ошибок вертикального канала; 5) накапливающихся ошибок вычислений в бортовом вычислителе.

8.3.10. Математическое обеспечение бортового вычислителя современных БИНС строится на основе

- 1) второго закона Ньютона для единичной массы и кинематического уравнения Пуассона;
- 2) второго закона Ньютона для единичной массы и уравнений Эйлера;
- 3) второго закона Ньютона для единичной массы и уравнений движения ВОГ;
- 4) второго закона Ньютона для единичной массы и уравнений движения материальной точки;
- 5) уравнений движения материальной точки и уравнений движения акселерометров.

#### 8.4. Примеры тестовых заданий по компетенции 14

##### 8.4.1. Интегрированная БИНС на базе ВОГ определяет:

- 1) координаты объекта;
- 2) скорости объекта;
- 3) координаты и скорости объекта;
- 4) углы ориентации корпуса объекта;
- 5) координаты, скорости объекта, углы ориентации корпуса.

8.4.2. Интегрированная инерциально-спутниковая навигационная система на базе ВОГ использует внешнюю:

- 1) только позиционную информацию спутниковой навигационной системы;
- 2) только скоростную информацию спутниковой навигационной системы;
- 3) позиционную и скоростную информацию спутниковой навигационной системы;
- 4) любую доступную информацию спутниковой навигационной системы.

8.4.3. Интегрированная инерциально-спутниковая навигационная система на базе ВОГ решает в бортовом вычислителе задачи:

- 1) начальной выставки БИНС;
- 2) калибровки инерциальных датчиков БИНС;
- 3) автономной навигации БИНС;
- 4) автономной и интегрированной навигации БИНС;
- 5) начальной выставки, автономной и интегрированной навигации БИНС.

8.4.4. Интегрированная инерциально-спутниковая навигационная система на базе ВОГ имеет:

- 1) шулеровский характер поведения ошибок местоположения и скорости;
- 2) линейный характер накопления ошибок местоположения и скорости;
- 3) экспоненциальный характер накопления ошибок местоположения и

скорости;

4) шулеровский характер поведения ошибок местоположения и скорости при отсутствии спутниковой корректирующей информации;

- 5) квадратичный характер накопления ошибок местоположения и скорости;

8.4.5. Вертикальный канал интегрированной инерциально-спутниковой навигационной системы на базе ВОГ:

- 1) работает автономно;
- 2) работает автономно с использованием априорного значения ускорения

силы тяжести;

- 3) использует показания баровысотометра;
- 4) использует значение высоты от спутниковой навигационной системы;

5) использует показания баровысотометра и данные высоты от спутниковой навигационной системы.

8.4.6. Горизонтальные каналы интегрированной инерциально-спутниковой навигационной системы на базе ВОГ:

- 1) используют априорное значение ускорения силы тяжести;
- 2) используют значение ускорения силы тяжести, вычисляемое по формуле

Гельмерта;

3) используют значение ускорения силы тяжести, вычисляемое по формуле контрольного документа ГЛОНАСС;

- 4) не привлекают никаких моделей ускорения силы тяжести;

5) используют нулевые значения горизонтальных компонент ускорения силы тяжести;

8.4.7. Интегрированная инерциально-спутниковая навигационная система на базе ВОГ в слабо-связанной схеме:

- 1) использую первичную позиционную информацию СНС;
- 2) использую первичную скоростную информацию СНС;
- 3) использую вторичную позиционную информацию СНС;
- 4) использую вторичную скоростную информацию СНС;
- 5) использую любую доступную вторичную информацию СНС.

8.4.8. Интегрированная инерциально-спутниковая навигационная система на базе ВОГ в тесно-связанной схеме:

- 1) использую первичную позиционную информацию СНС;
- 2) использую первичную скоростную информацию СНС;
- 3) использую вторичную позиционную информацию СНС;
- 4) использую вторичную скоростную информацию СНС;
- 5) использую любую доступную первичную информацию СНС.

8.4.9. Интегрированная инерциально-спутниковая навигационная система на базе ВОГ при кратковременном отсутствии информации СНС:

- 1) работает автономно без привлечения текущих оценок инструментальных погрешностей инерциальных датчиков;
- 2) работает автономно с привлечением текущих оценок инструментальных погрешностей инерциальных датчиков ;
- 3) переходит в режим курсоверткали;
- 4) переходит в режим начальной выставки на неподвижном основании;
- 5) переходит в режим начальной выставки на подвижном основании.

8.4.10. Интегрированная инерциально-спутниковая навигационная система на базе ВОГ использует в качестве опорной навигационной модели формы Земли:

- 1) эллипсоид Красовского;
- 2) эллипсоид системы Параметры Земли-90;
- 4) эллипсоид системы WGS-84;
- 5) эллипсоид, по заранее определенному правилу.

## 9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 9.1. Рекомендуемая литература.

#### 9.1.1. Основная литература

№ п.п.	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания
1	А.А.Голован, Н.А.Парусников	Математические основы навигационных систем Часть I. Математические модели инерциальной навигации.-112 с.	Издательство Московского университета, 2007, 2010
2	А.А.Голован, Н.А.Парусников	Математические основы навигационных систем Часть II. Приложения методов оптимального оценивания к задачам навигации.-151 с.	Издательство Московского университета, 2008

#### 9.1.2. Дополнительная литература

<b>№ п.п.</b>	<b>Автор(ы)</b>	<b>Заглавие</b>	<b>Издательство, год издания</b>
1	David H. Titterton, John L. Weston	Strapdown Inertial Navigation Technology – 2 <sup>nd</sup> Edition-558p.	The Institution of Electrical Engineers, 2004

## 9.2. Средства обеспечения освоения дисциплины

### 9.2.1. Компьютерные обучающие и контролирующие программы

<b>№ п.п.</b>	<b>Вид учебного занятия</b>	<b>Наименование программного продукта</b>	<b>Назначение</b>
1	Лекция по теме1	Цифровая презентация	Наглядное представление теоретического и графического материалов лекции
2	Лекция по теме2	Цифровая презентация	Наглядное представление теоретического и графического материалов лекции
3	Лекция по теме3	Цифровая презентация	Наглядное представление теоретического и графического материалов лекции
4	Лекция по теме4	Цифровая презентация	Наглядное представление теоретического и графического материалов лекции
5	Лекция по теме5	Цифровая презентация	Наглядное представление теоретического и графического

			материалов лекции
--	--	--	-------------------

### 9.2.2. Аудио- и видео-пособия используются

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

### 10.1. Специализированная учебная лаборатория (аудитория)

№ п.п.	Наименование и принадлежность помещения	Площадь (м <sup>2</sup> )	Количество посадочных мест
1	Учебная аудитория для студентов направления - Фотоника и оптоинформатика	72	30

### 10.2. Основное учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Год изготовления	Форма владения, пользования (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	№ аудитории
	Испытательный стенд для волоконно-оптических гироскопов АС 2267-ТСМ				