

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**им. Р.Е. Алексеева»**  
**АРЗАМАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)**

---

---

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

\_\_\_\_\_ Глебов В.В.  
« 22 » июня 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.02 Теоретические основы инерциальной навигации

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки 01.03.04 Прикладная математика

*(код и направление подготовки)*

Направленность Математическое и программное обеспечение систем обработки информации

*(наименование профиля, программы магистратуры)*

и управления

Форма обучения очная

*(очная, очно-заочная, заочная)*

Год начала подготовки 2021

Объем дисциплины 144/4

*(часов/з.е)*

Промежуточная аттестация экзамен

*(экзамен, зачет с оценкой, зачет)*

Выпускающая кафедра Прикладная математика

*(наименование кафедры)*

Кафедра-разработчик Прикладная математика

*(наименование кафедры)*

Разработчик(и): Огородников К.О., к.т.н.

*(ФИО, ученая степень, ученое звание)*

г. Арзамас  
2021 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика, утвержденного приказом Минобрнауки России от 10 января 2018 № 11 на основании учебного плана, принятого Ученым советом АПИ НГТУ, протокол от 09.06.2021 г. № 4

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика, протокол от 22.06.2021 № 5/1

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Пакшин П.В.  
(подпись) (ФИО)

Рабочая программа рекомендована к утверждению УМК АПИ НГТУ,  
протокол от 22.06.2021 г. № 15

Зам. директора по УР \_\_\_\_\_ Шурыгин А.Ю.  
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в учебном отделе № 01.03.04 - 34

Начальник УО \_\_\_\_\_ Мельникова О.Ю.  
(подпись)

Заведующая отделом библиотеки \_\_\_\_\_ Старостина О.Н.  
(подпись)

## Оглавление

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	4
1.1. Цель освоения дисциплины (модуля) .....	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля) .....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	6
4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам .....	6
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам.....	7
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	8
5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания .....	8
5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины .....	11
5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости .....	11
5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине .....	12
5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине .....	12
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	14
6.1 Основная литература .....	14
6.2 Дополнительная литература .....	14
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	14
7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы .....	14
7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины.....	14
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....	14
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).....	14
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) 15	
10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии.....	15
10.2 Методические указания для занятий лекционного типа .....	16
10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах .....	16
10.4 Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа .....	16
10.5 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся .....	16
10.6 Методические указания по обеспечению образовательного процесса .....	17

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **1.1. Цель освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины «Теоретические основы инерциальной навигации» является подготовка студентов к выполнению профессиональных задач в рамках трудовой деятельности по профессиональным стандартам 40.011 «Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок» и 06.001 «Программист» в рамках обобщенных трудовых функций «Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы» и «Интеграция программных модулей и компонент и верификация выпусков программного продукта» и изучение принципов и основ построения инерциальных навигационных систем; приобретение навыков использования современного математического аппарата для решения задач навигации и ориентации с применением измерений датчиков инерциальной информации.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)**

- ознакомление с методами инерциальной навигации, изучение физико-теоретических основ современных систем управления движением и навигации на основе платформенных и бесплатформенных инерциальных навигационных систем; изучение методов построения алгоритмов ориентации и навигации;
- формирование умения разрабатывать математические модели ошибок инерциальных датчиков и системы в целом;
- формирование навыков моделирования и построения алгоритмов обработки информации для инерциальных навигационных систем авиационных, морских, наземных и других подвижных объектов.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина «Теоретические основы инерциальной навигации» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений ОП ВО.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Математический анализ», «Теория управления», «Математическое моделирование», «Численные методы», «Программирование для ЭВМ», «Теория вероятностей, математическая статистика и теория случайных процессов», «Основы моделирования в Matlab».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин «Теория навигационных систем», «Стохастические дифференциальные системы» и при выполнении выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Теоретические основы инерциальной навигации» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Процесс изучения дисциплины «Теоретические основы инерциальной навигации» направлен на формирование элементов профессиональных компетенций ПКС-1 и ПКС-6 в соответствии с ОП ВО по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика».

Таблица 3.1 – Формирование компетенций дисциплинами

Код компетенции / наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины							
	Компетенции берутся из УП по направлению подготовки бакалавра / магистра							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>ПКС-1</b>								
Ознакомительная практика		✓						
Вариационное исчисление					✓			
Матричные уравнения и неравенства						✓		
Научно-исследовательская работа						✓		
Вычислительная математика						✓		
Основы функционального анализа						✓		
Теоретические основы инерциальной навигации							✓	
Стохастические дифференциальные системы								✓
Теория навигационных систем								✓
Преддипломная практика								✓
Выполнение и защита ВКР								✓
<b>ПКС-6</b>								
Матричные уравнения и неравенства						✓		
Компьютерные технологии обучения						✓		
Теоретические основы инерциальной навигации							✓	
Основы параллельного программирования							✓	
Преддипломная практика								✓
Выполнение и защита ВКР								✓

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Теоретические основы инерциальной навигации», соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП, представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
		Знать:	Уметь:	Владеть:
ПКС-1 Способен формулировать задачу профессиональной деятельности, формализовав ее на основе знаний математического аппарата и естественнонаучных дисциплин	ИПКС-1.3. Формулирует и формализует задачи профессиональной деятельности на основе знаний математического аппарата и естественнонаучных дисциплин.	<b>Знать:</b> - методы статистического и вероятностного анализа цифровых данных - математические методы анализа и обработки информации навигационных систем и датчиков первичной информации - математические методы моделирования	<b>Уметь:</b> - ставить задачу и разрабатывать алгоритмы ее решения - применять математические методы, физические законы для решения практических задач	<b>Владеть:</b> - навыками системного анализа цифровой информации - навыками обработки информации
ПКС-6 Способен изучать научно-техническую информацию, отечественного и зарубежного опыта по тематике	ИПКС-6.3. Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта при изучении научно-технической	<b>Знать:</b> - математические методы анализа и моделирования процессов - модели датчиков	<b>Уметь:</b> - проводить системный анализ цифровых измерений навигационных систем	<b>Владеть:</b> - навыками выбора и анализа математических моделей различных навигационных систем

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
исследования	информации в соответствующей области исследований.	первичной информации и навигационных систем		- навыками обработки информации

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

##### 4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. ед. или 144 часа, распределение часов по видам работ по семестрам представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очной формы обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		7 семестр
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
<b>Общая трудоемкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>58</b>	<b>58</b>
<b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>52</b>	<b>52</b>
занятия лекционного типа (Л)	28	28
занятия семинарского типа (ПЗ – семинары, практические занятия и др.)	8	8
лабораторные работы (ЛР)	16	16
<b>1.2. Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2	2
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>86</b>	<b>86</b>
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	50	50
Подготовка к экзамену (контроль)*	36	36
Подготовка к зачету / зачету с оценкой (контроль)		

## 4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам

Таблица 4.2 – Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов очной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов	
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия		
<b>7 семестр</b>						
ПКС-1 ИПКС-1.3	<b>Раздел 1. Теоретико-механические основы инерциальной навигации</b>					
	Тема 1.1 Инерциальные навигационные системы	4			5	Подготовка к лекциям [6.1.1]
ПКС-6 ИПКС-6.3	Тема 1.2 Понятие навигации. Требования к ИНС					
	Практическая работа №1. Преобразование систем координат			2	10	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям [6.1.1]
	Лабораторная работа №1. Анализ информации инерциальной навигационной системы		4			
<b>Итого по 1 разделу</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	
<b>Раздел 2. Уравнения инерциальных навигационных систем</b>						
	Тема 2.1 Общие уравнения инерциальных навигационных систем	12			5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1]
	Тема 2.2 Уравнения ошибок ИНС					
	Тема 2.3 Анализ уравнений ошибок					
	Практическая работа №2. Анализ уравнений ИНС			2	5	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям [6.1.1], [6.2.1]
	Практическая работа №3. Уравнения ошибок автономной БИНС по положению и ориентации.			2		
	Лабораторная работа №2 Уравнения ошибок автономной БИНС по положению и ориентации.		4		5	
	<b>Итого по 2 разделу</b>		<b>12</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>15</b>
<b>Раздел 3. Алгоритмы функционирования ИНС</b>						
	Тема 3.1 Реализация решения уравнений ИНС	12			5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1]
	Тема 3.2 Алгоритмы ориентации					
	Тема 3.3 Алгоритмы навигации					
	Практическая работа №4. Решение уравнений ИНС			2	5	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям [6.1.1], [6.2.1]
	Лабораторная работа №3. Исследование на устойчивость уравнений ошибок.		4		5	
	Лабораторная работа №4. Алгоритмы ориентации и навигации в режиме автономной работы ИНС		4		5	
<b>Итого по 3 разделу</b>		<b>12</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>20</b>	
<b>ИТОГО за семестр</b>		<b>28</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>50</b>	
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		<b>28</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>50</b>	

Используемые активные и интерактивные технологии приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Используемые активные и интерактивные образовательные технологии

Вид занятий	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
Лекции	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии
Практические занятия, лабораторные работы	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии Тестовые технологии Технологии работы в малых группах Технология коллективной работы Информационно-коммуникационные технологии

## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Критерии оценивания результатов обучения и процедуры оценивания компетенций, формируемых в рамках данной дисциплины, приводятся в табл. 5.4.

Оценочные процедуры в рамках текущего контроля проводятся преподавателем дисциплины. На лекциях оценивается активность участия в дискуссионных обсуждениях. Лабораторные и практические занятия проводятся в форме выполнения индивидуальных заданий. При выполнении индивидуального лабораторного или практического задания преподавателем оценивается качество выполненного задания, срок его выполнения, качество и срок оформления отчета, ответы на вопросы преподавателя.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2.

В таблице 5.3 представлена шкала соответствия набранных баллов по промежуточной аттестации и оценок на зачете по дисциплине.



Таблица 5.1 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания		Форма контроля
			0 баллов	1 баллов	
ПКС-1 Способен формулировать задачу профессиональной деятельности, формализовав ее на основе знаний математического аппарата и естественнонаучных дисциплин	ИПКС-1.3. Формулирует и формализует задачи профессиональной деятельности на основе знаний математического аппарата и естественнонаучных дисциплин.	<b>Знать:</b> - методы статистического и вероятностного анализа цифровых данных -математические методы анализа и обработки информации навигационных систем и датчиков первичной информации -математические методы моделирования	Теоретический материал не изучен или изучен частично.	Теоретический материал изучен.	Контроль участия в дискуссиях на лекциях
		<b>Уметь:</b> - ставить задачу и разрабатывать алгоритмы ее решения - применять математические методы, физические законы для решения практических задач	Лабораторные и практические задания не выполнены или выполнены частично.	Лабораторные и практические задания выполнены полностью.	Контроль выполнения лабораторных и практических заданий (см. табл. 4.2)
		<b>Владеть:</b> - навыками системного анализа цифровой информации - навыками обработки информации	Лабораторные и практические задания выполнены некачественно и/или не в срок.	Лабораторные и практические задания выполнены качественно и в срок.	Контроль выполнения лабораторных и практических заданий (см. табл. 4.2)
ПКС-6 Способен изучать научно-техническую информацию, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	ИПКС-6.3. Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта при изучении научно-технической информации в соответствующей области исследований.	<b>Знать:</b> -математические методы анализа и моделирования процессов - модели датчиков первичной информации и навигационных систем	Теоретический материал не изучен или изучен частично.	Теоретический материал изучен.	Контроль участия в дискуссиях на лекциях
		<b>Уметь:</b> - проводить системный анализ цифровых измерений навигационных систем	Лабораторные и практические задания не выполнены или выполнены частично.	Лабораторные и практические задания выполнены полностью.	Контроль выполнения лабораторных и практических заданий (см. табл. 4.2)
		<b>Владеть:</b> - навыками выбора и анализа математических моделей различных навигационных систем - навыками обработки информации	Лабораторные и практические задания выполнены некачественно и/или не в срок.	Лабораторные и практические задания выполнены качественно и в срок.	Контроль выполнения лабораторных и практических заданий (см. табл. 4.2)

Таблица 5.2 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации (экзамен)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания			Форма контроля
			0 баллов	1 балл	2 балла	
ПКС-1 Способен формулировать задачу профессиональной деятельности, формализовав ее на основе знаний математического аппарата и естественнонаучных дисциплин	ИПКС-1.3. Формулирует и формализует задачи профессиональной деятельности на основе знаний математического аппарата и естественнонаучных дисциплин.	<b>Знать:</b> - методы статистического и вероятностного анализа цифровых данных -математические методы анализа и обработки информации навигационных систем и датчиков первичной информации -математические методы моделирования	Ответ на вопрос отсутствует	Представлен не полный ответ на вопрос	Представлен развернутый ответ на вопрос	Ответ на теоретический вопрос билета
		<b>Уметь:</b> - ставить задачу и разрабатывать алгоритмы ее решения - применять математические методы, физические законы для решения практических задач <b>Владеть:</b> - навыками системного анализа цифровой информации - навыками обработки информации	Ответ на вопрос отсутствует	Представлен не полный ответ на вопрос	Представлен развернутый ответ на вопрос	Ответы на дополнительные вопросы
		<b>Задание не решено</b>	Задание решено с ошибками	Задание решено верно	Решение задач билета	
ПКС-6 Способен изучать научно-техническую информацию, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	ИПКС-6.3. Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта при изучении научно-технической информации в соответствующей области исследований.	<b>Знать:</b> -математические методы анализа и моделирования процессов - модели датчиков первичной информации и навигационных систем	Ответ на вопрос отсутствует	Представлен не полный ответ на вопрос	Представлен развернутый ответ на вопрос	Ответ на теоретический вопрос билета
		<b>Уметь:</b> - проводить системный анализ цифровых измерений навигационных систем <b>Владеть:</b> - навыками выбора и анализа математических моделей различных навигационных систем - навыками обработки информации	Ответ на вопрос отсутствует	Представлен не полный ответ на вопрос	Представлен развернутый ответ на вопрос	Ответы на дополнительные вопросы
		<b>Задание не решено</b>	Задание решено с ошибками	Задание решено верно	Решение задач билета	

Таблица 5.3 – Соответствие набранных баллов и оценки за промежуточную аттестацию

Баллы за текущую успеваемость*	Баллы за промежуточную аттестацию		Оценка
	Суммарное количество баллов**	Баллы за решение задач**	
0	0-1	0-1	«неудовлетворительно»
1	1	1	«удовлетворительно»
1	1-2	1-2	«хорошо»
1	2	2	«отлично»

\*) количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.1.

\*\*\*) количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.2.

## 5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины

### 5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости

#### Типовые задания для практических работ

##### Практическая работа №1. Преобразование систем координат.

**Задание:** Осуществить преобразование прямоугольных пространственных координат в геодезические и обратно. Сравнить полученные результаты.

##### Практическая работа №2 Анализ уравнений ИНС.

**Задание:** Провести вычисление инерциальных координат, используя уравнения идеальной работы, при известных начальных значениях направляющих косинусов, координат и вектора скорости, а также заданных значениях абсолютной угловой скорости и кажущегося ускорения в связанной с объектом системе координат.

#### Типовые задания для лабораторных работ

##### Лабораторная работа №1. Анализ информации инерциальной навигационной системы.

**Задание:** Даны измерения гироскопов, которые представляют собой накапливаемый угол, обусловленный скоростью вращения Земли (частота обновления информации – 1 Гц). Необходимо рассчитать точностные характеристики датчиков: средний дрейф секундных приращений (SD) и их среднеквадратическое отклонение (SKO).

**Лабораторная работа №2 Уравнения ошибок автономной БИНС по положению и ориентации.**

**Задание:** Необходимо построить математическую модель погрешностей БИНС в географической системе координат и оценить влияние следующих факторов на погрешности БИНС: погрешности начальной выставки по ориентации, погрешности начальной выставки по координатам, смещение нулевого сигнала акселерометров.

## **5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине**

### **Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену (ПКС-1 ИПКС-1.3, ПКС-6 ИПКС-6.3):**

1. Общая характеристика метода инерциальной навигации.
2. Принцип действия и уравнения работы инерциального датчика измерения линейных ускорений. Прецессионная теория гироскопических устройств.
3. Общие принципы построения инерциальных систем. Основное уравнение инерциальной навигации.
4. Углы Эйлера-Крылова.
5. Направляющие косинусы. Уравнение Пуассона.
6. ИНС с двумя уравнениями Пуассона. ИНС с одним уравнением Пуассона.
7. Кватернионы. Кватернионные матрицы. Кинематическое уравнение для кватерниона.
8. ИНС с параметрами Родрига-Гамильтона.
9. Уравнения ИНС в инерциальных осях.
10. Уравнения ИНС в связанных осях.
11. Уравнения ИНС в произвольных осях.
12. Погрешности ИНС. Ошибки реализации кинематических уравнений.
13. Анализ ошибок обобщенных уравнений ИНС. Уравнения ошибок БИНС.
14. Общий случай ошибок БИНС. Общие свойства уравнений ошибок.
15. Ошибки определения координат объекта и его ориентации. Зависимость ошибок от основных инструментальных погрешностей и погрешностей начальных условий.
16. Методы интегрирования кинематических уравнений. Представление информации и методы интегрирования. Ошибки интегрирования.
17. Интегрирование уравнений при использовании первичной информации. Построение численных методов интегрирования.
18. Погрешности численных методов интегрирования кинематических уравнений.
19. Интегрирование уравнений первой группы. Особенности методов интегрирования кажущейся скорости.
20. Получение численных методов интегрирования с использованием бикватернионов для интегрирования полных уравнений ИНС.
21. Получение численных методов интегрирования кажущейся скорости из обобщенных кинематических уравнений.

## **5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине**

Процедура оценивания формируемых в рамках дисциплины компетенций (элементов компетенций) состоит из следующих этапов:

1. Текущий контроль (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1, задания в п. 5.2.1).
2. Промежуточная аттестация (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2, задания в п. 5.2.2).

Для всего перечня формируемых компетенций (элементов компетенций) дисциплины приводится процедура оценки результатов обучения (табл. 5.4).

Таблицы 5.4 – Процедура, критерии и методы оценивания результатов обучения

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов				Методы оценивания
	1 критерий – отсутствие усвоения «неудовлетворительно»	2 критерий – не полное усвоение «удовлетворительно»	3 критерий – хорошее усвоение «хорошо»	4 критерий – отличное усвоение «отлично»	
ПКС-1 ИПКС-1.3					
<b>Знать:</b> - методы статистического и вероятностного анализа цифровых данных - математические методы анализа и обработки информации навигационных систем и датчиков первичной информации - математические методы моделирования	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	Участие в обсуждении дискуссионных материалов на лекциях Промежуточная аттестация
<b>Уметь:</b> - ставить задачу и разрабатывать алгоритмы ее решения - применять математические методы, физические законы для решения практических задач	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение ПЗ и ЛБ
<b>Владеть:</b> - навыками системного анализа цифровой информации - навыками обработки информации	Не демонстрирует навыки	Не уверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Выполнение ПЗ и ЛБ
ПКС-6 ИПКС-6.3					
<b>Знать:</b> - математические методы анализа и моделирования процессов - модели датчиков первичной информации и навигационных систем	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	Участие в обсуждении дискуссионных материалов на лекциях Промежуточная аттестация
<b>Уметь:</b> - проводить системный анализ цифровых измерений навигационных систем	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение ПЗ и ЛБ
<b>Владеть:</b> - навыками выбора и анализа математических моделей различных навигационных систем - навыками обработки информации	Не демонстрирует навыки	Не уверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Выполнение ПЗ и ЛБ

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Основная литература

6.1.1 Матвеев, В.В. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем [Текст] / В. В. Матвеев, В. Я. Распопов ; Под общ. ред. В.Я. Распопова. - Рекомендовано УМО по образованию в области приборостроения и оптоэлектроники. - СПб. : ГНЦ РФ ОАО "Концерн ЦНИИ Электроприбор", 2009. - 280 с. - ISBN 978-5-900780-73-3 : 484-00.

### 6.2 Дополнительная литература

6.2.1 Джексон, Р.Г. Новейшие датчики [Текст] : Пер. с англ. / Р. Г. Джексон ; Под ред. В.В. Лучинина. - 2-е изд., доп. - М. : Техносфера, 2008. - 400 с. - (Мир электроники). - ISBN 978-5-94836-168-0 : 218-44.

## 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы

7.1.1 Электронно-библиотечная система издательства «IPRbooks». Режим доступа: [www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru).

7.1.2 Электронно-библиотечная система издательства «Лань». Режим доступа: <https://e.lanbook.com>

### 7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины

7.2.1 Система многоцелевого назначения MATLAB

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 8.1 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 8.1 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
ЭБС «IPRbooks»	Специальное мобильное приложение <b>IPR BOOKS WV-Reader</b>
ЭБС «Лань»	Синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине (модулю), оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 9.1 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;

- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду АПИ НГТУ.

Таблица 9.1 – Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине (модулю)

Наименование аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы
<b>319</b> - Учебная лаборатория математического моделирования	1 Колонки* Sven SPS-611S 2.0; 10 Компьютер в сборе; 1 Проектор с креплен, потолок, Beng MX505 DPL 3000Lm 13000:1; 1 Экран umien Master Picture 203*203 cv Matte White FiberGlass; Рабочее место преподавателя - 1; Рабочих мест студентов - 20; Доска аудиторная маркерная – 1.
<b>320</b> – Учебная мультимедийная аудитория г.Арзамас, ул. Калинина, дом 19	1. Доска магнитно-маркерная; 2. Мультимедийный проектор BENQ; 3. Экран; 4. Компьютеры PC Intel® Core™ i3-10100/256SSD/8RAM - 14 шт; 5. Посадочных мест - 34
<b>316</b> - Кабинет самоподготовки студентов г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	рабочих мест студента – 26 шт; ПК, с выходом на телевизор LG - 1 шт. ПК с подключением к интернету -5шт.

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа проводится в аудиторной и внеаудиторной форме, а также в электронной информационно-образовательной среде института (далее – ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работа в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

При преподавании дисциплины используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса, а также материалы для практических и лабораторных занятий находятся в свободном доступе в СДО MOODLE на странице курса по адресу: <https://sdo.api.nntu.ru/course> и могут быть проработаны студентами до чтения лекций в ходе самостоятельной работы. Это дает возможность обсудить материал со студентами во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала.

На лекциях, лабораторных и практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, дискуссионные технологии, технологии работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических, лабораторных занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч со студентами, так и современных информационных технологий, таких как форум, чат, внутренняя электронная почта СДО MOODLE.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента.

Для оценки знаний, умений и уровня сформированности компетенции в процессе текущего контроля применяется система контроля и оценки успеваемости студентов, представленная в табл. 5.1. Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с использованием системы контроля и оценки успеваемости студентов, представленной в табл. 5.2.

## **10.2 Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины. Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложных и важных положениях изучаемого материала. Материалы лекций являются основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах**

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

## **10.4 Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа**

Практические (семинарские) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров в аудиторных условиях.

Практические (семинарские) занятия обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- развитие умений и навыков дискуссионного обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины, выработки собственной позиции по актуальным вопросам (проблемам);
- подведение итогов занятий (результаты тестирования, готовность отчетов по практическим занятиям, готовность домашних заданий, выполненных в ходе самостоятельной работы).

## **10.5 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

В процессе самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение основной учебной и справочно-библиографической литературы, представленной в разделе 6.

Для выполнения самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут использовать специализированные аудитории (см. табл. 9.1), оборудование которых обеспечивает доступ через «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде института и



электронной библиотечной системе, где располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы.

## **10.6 Методические указания по обеспечению образовательного процесса**

1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: [https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org\\_structura/upravleniya/umu/docs/metod\\_docs\\_ngtu/metod\\_rekom\\_auditorii.PDF](https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_auditorii.PDF).

2. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: [https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org\\_structura/upravleniya/umu/docs/metod\\_docs\\_ngtu/metod\\_rekom\\_srs.PDF](https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_srs.PDF).

3. Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес: [https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org\\_structura/upravleniya/umu/docs/metod\\_docs\\_ngtu/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf](https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf).

4. Учебное пособие «Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования», Ивашкин Е.Г., Жукова Л.П., 2014 г. Электронный адрес: [https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org\\_structura/upravleniya/umu/docs/metod\\_docs\\_ngtu/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf](https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf).

**Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины  
на 20 \_\_\_\_/20 \_\_\_\_ уч. г.**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

Глебов В.В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

1)

2)

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры, протокол от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (ФИО)

Утверждено УМК АПИ НГТУ, протокол от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Зам. директора по УР \_\_\_\_\_ Шурыгин А.Ю.  
(подпись)

Согласовано:

Начальник УО \_\_\_\_\_ Мельникова О.Ю.  
(подпись)

(в случае, если изменения касаются литературы):

Заведующая отделом библиотеки \_\_\_\_\_ Старостина О.Н.  
(подпись)