

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 20 » марта 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Алгоритмы навигационных систем
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 360 (10)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 24.03.02 Системы управления движением и навигация
(код и наименование направления)

Направленность: Системы управления движением и навигация (общий
профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является формирование навыков разработки бортовых алгоритмов систем ориентации и управления.

Основные задачи дисциплины:

- знакомство пакетами прикладных программ для отладки бортовых алгоритмов систем ориентации и управления;
- изучение математического аппарата и структуры бортовых алгоритмов;
- формирования умения работы с моделями ошибок инерциальных датчиков;
- изучение алгоритмов компенсации систематических ошибок датчиков в составе систем.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Пакет компьютерного моделирования Matlab Simulink;
Структура алгоритмов систем ориентации и управления;
Инерциальные датчики и их систематические погрешности.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1	Студент знает: - алгоритмы расчета навигационных параметров для различных навигационных систем; - модели датчиков первичной информации и навигационных систем; - принципы комплексной обработки информации навигационных систем и измерителей	Знает математические алгоритмы работы инерциальных навигационных систем и источники ошибок в них	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Студент умеет: - проектировать и разрабатывать компоненты программного обеспечения для моделирования алгоритмов навигационных систем; - проводить оценку точностных характеристик навигационных систем и входящих в их состав датчиков первичной информации	Умеет осуществлять анализ ошибок навигационного алгоритма	Экзамен
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Студент владеет: - современными знаниями в области навигационных комплексов; - навыками разработки навигационных систем	Владеет навыками разработки и отладки программных модулей, реализующих математические алгоритмы обработки информации в навигационных системах, а также их компьютерных моделей	Дифференцированный зачет
ПК-2.2	ИД-1ПК-2.2	Студент знает: - принципы построения навигационных систем; - методику проектирования навигационных систем	Знает основные эксплуатационные характеристики навигационных систем и методы их измерения, условия эксплуатации проектируемых составных частей приборов, назначение и параметры оборудования для проведения испытаний, программные средства, применяемые для выполнения анализа результатов испытаний, методы обработки результатов испытаний	Дифференцированный зачет
ПК-2.2	ИД-2ПК-2.2	Студент умеет: - выполнять анализ требований к навигационным комплексам; - выполнять постановку задачи и формулировать технические требования к созданию или	Умеет разрабатывать программы и методики проведения испытаний приборов ориентации, навигации и стабилизации, применять современные программные средства для анализа результатов	Дифференцированный зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		модернизации навигационных комплексов	испытаний	
ПК-2.2	ИД-3ПК-2.2	Студент владеет: - навыками разработки математических моделей навигационных систем; - навыками обработки и анализа измерений датчиков первичной информации и навигационных систем	Владеет навыками анализа результатов испытаний, в том числе отклонений от проектно-конструкторской документации, технических требований, владеет навыками разработки рекомендаций по их устранению	Экзамен

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	8
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме: 1.1. Контактная аудиторная работа, из них:	120	56	64
- лекции (Л)	48	18	30
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	66	36	30
- контроль самостоятельной работы (КСР)	6	2	4
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	204	88	116
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет	9		9
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18		18
Общая трудоемкость дисциплины	360	180	180

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
7-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
БИНС	4	0	8	16
Тема 1. Бесплатформенная инерциальная система (БИНС) – основа интегрированной (комплексной) навигационной системы. Системы координат. Углы ориентации объекта. Параметры моделей Земли. Тема 2. Уравнения идеальной работы БИНС. Счисление скорости и координат.				
Задачи ориентации	14	0	28	72
Тема 3. Углы ориентации объекта. Матрицы направляющих косинусов. Тема 4. Решение задачи ориентации с помощью кинематического уравнения Л. Эйлера. Тема 5. Решение задачи ориентации с помощью кинематического уравнения С. Пуассона в матричной форме. Тема 6. Алгебра кватернионов. Параметры Родрига-Гамильтона. Равенство перепроектирования. Тема 7. Решение задачи ориентации с помощью кинематического уравнения С. Пуассона в кватернионной форме. Тема 8. Алгоритм БИНС с параметрами Родрига-Гамильтона. Тема 9. Начальная выставка БИНС.				
ИТОГО по 7-му семестру	18	0	36	88
8-й семестр				
Погрешности	6	0	6	30
Тема 10. Погрешности инерциальных датчиков. Уравнение ошибок БИНС. Тема 11. Решение уравнение ошибок для упрощённого случая отдельных северного и восточного каналов БИНС. Тема 12. Внешние измерители навигационной информации. Автономный и обзорный режимы работы интегрированной навигационной системы.				
Фильтра	20	0	20	64
Тема 13. Фильтр Р. Калмана и его применение в задаче коррекции БИНС по показаниям внешних измерителей навигационной информации. Тема 14. Дискретный фильтр Р. Калмана. Прогноз, фильтрация, сглаживание. Тема 15. Наблюдаемость элементов вектора состояний. Тема 16. Стохастические модели погрешностей инерциальных датчиков БИНС. Тема 17. Белый шум. Типовые случайные процессы. Тема 18. Формирующий фильтр. Генерирование типовых случайных процессов.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Задачи оптимальной фильтрации	4	0	4	22
Тема 19. Решение задачи оптимальной фильтрации на примере оценивания значений типовых случайных процессов. Тема 20. Решение задачи оптимальной фильтрации на примере оценивания восточного канала БИНС.				
ИТОГО по 8-му семестру	30	0	30	116
ИТОГО по дисциплине	48	0	66	204

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Моделирование показаний инерциальных датчиков в проекции на оси горизонтально-географической системы координат.
2	Формирование матрицы направляющих косинусов для различных последовательностей углов поворота.
3	Нахождение проекций вектора на заданную систему координат используя матрицы направляющих косинусов.
4	Операции с кватернионами.
5	Формирование собственного кватерниона ориентации для различных последовательностей углов поворота.
6	Нахождение проекций вектора на заданную систему координат используя равенство перепроектирование.
7	Моделирование работы БИНС с углами Л. Эйлера.
8	Моделирование работы БИНС с направляющими косинусами.
9	Моделирование работы БИНС с параметрами Родрига-Гамильтона.
10	Синтез детерминированных дискретных систем.
11	Синтез формирующего фильтра марковского процесса 1-го порядка.
12	Синтез формирующего фильтра марковского процесса 2-го порядка.
13	Синтез формирующего фильтра винеровского процесса 1-го порядка.
14	Синтез дискретного фильтра Р. Калмана северного и восточного канала уравнения ошибок инерциальной навигационной системы.
15	Оценка смещения нуля акселерометров и гироскопов при сравнении данных северного канала бесплатформенной инерциальной системы и внешних измерителей навигационной информации с помощью фильтра Р. Калмана.
16	Оценка смещения нуля акселерометров и гироскопов при сравнении данных восточного канала бесплатформенной инерциальной системы и внешних измерителей навигационной информации с помощью фильтра Р. Калмана.
17	Оценка смещения нуля вертикального акселерометра при сравнении данных восточного канала бесплатформенной инерциальной системы и внешнего измерителя высоты и вертикальной скорости с помощью фильтра Р. Калмана.

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
18	Применение метода радиальной коррекции для уменьшения погрешности определения углов наклона бесплатформенной инерциальной навигационной системой с помощью фильтра Р. Калмана.
19	Применение метода коррекции по нулевой скорости для уменьшения погрешности определения углов наклона бесплатформенной инерциальной навигационной системой с помощью фильтра Р. Калмана.

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Моделирование работы бесплатформенной инерциальной навигационной системы.
2	Реализация фильтра Р. Калмана для оценки параметров восточного/северного канала инерциальной навигационной системы по измерениям восточной составляющей скорости и долготы.
3	Определение статистических характеристик погрешностей инерциальных датчиков.
4	Оценка трендовой составляющей погрешностей инерциальных датчиков методом наименьших квадратов.
5	Генерирование случайных процессов с требуемыми вероятностными характеристиками.
6	Моделирование начальной выставки БИНС методом гироскопирования.
7	Оценка статистических характеристик составляющих погрешностей инерциальных датчиков методом вариаций Д. Аллана.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации. Введение в теорию оценивания. Санкт-Петербург : Электроприбор, 2009. 496 с.	20
2	Сапожников П. Н., Макаров А. А., Радионова М. В. Теория вероятностей, математическая статистика в примерах, задачах и тестах : учебное пособие для вузов. Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2020. 495 с. 31,0 усл. печ. л.	1
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Климов Д. М., Ишлинский А. Ю. Инерциальная навигация на море : учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Юрайт, 2019. 119 с. 7,44 усл. печ. л.	1
2	Ориентация и навигация подвижных объектов : современные информационные технологии / Алешин Б. С., Афонин А. А., Веремеенко К. К., Кошелев Б. В., Плеханов В. Е., Тихонов В. А., Тювин А. В., Федосеев Е. П., Черноморский А. И. М. : Физматлит, 2006. 422 с.	2
3	Случайные процессы. Примеры и задачи. Оптимальная фильтрация, экстраполяция и моделирование. Москва : Радио и связь, 2004. 407 с.	2
4	Теория, расчет и проектирование измерительных устройств. Расчет измерительных устройств. М. : Стандартинформ, 2008. 344 с.	65
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	В.В Матвеев, В.Я Распопов. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем. СПб: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2009 – 280 с.	https://djvu.online/file/GKY47XTgcFXqP	сеть Интернет; свободный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Бехтин Ю. С. Моделирование систем: имитационное моделирование : учебное пособие. Рязань : РГРТУ, 2010 64 с.	https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-168347	локальная сеть; авторизованный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Матвеев Ю. И. Траекторные задачи динамики полета гражданских воздушных судов : учебное пособие. Санкт-Петербург : СПбГУ ГА, 1981 111 с.	https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-145790	локальная сеть; авторизованный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	О.А. Степанов. Методы обработки навигационной измерительной информации. СПб: Университет ИТМО. 2017 – 196 с.	https://books.ifmo.ru/file/pdf/2217.pdf	сеть Интернет; свободный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Распопов В. Я. Микромеханические приборы : учебное пособие. Москва : Машиностроение, 2007 400 с.	https://elib.pstu.ru/Record/lan753	локальная сеть; авторизованный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Ходосов В. В. Математическое моделирование с использованием Matlab : учебное пособие. Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018 36 с.	https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-122098	локальная сеть; авторизованный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 8.1 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	IBM PC Совместимые компьютеры	15
Лекция	IBM PC Совместимые компьютеры	15
Лекция	Место преподавателя	1
Практическое занятие	IBM PC Совместимые компьютеры	15

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«Алгоритмы навигационных систем»

основной образовательной программы высшего образования – программы
академической бакалавриата

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	24.03.02 «Системы управления движением и навигация»	
Направленность (профиль) образовательной программы:	«Программное и математическое обеспечение систем навигации и управления»	
Квалификация выпускника:	«Бакалавр»	
Выпускающая кафедра:	Прикладная математика	
Форма обучения:	Очная	
Курс: 4		Семестр: 7,8
Трудоёмкость:		
Кредитов по рабочему учебному плану:		10 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:		360 ч.
Виды промежуточного контроля:		
Экзамен: 7 семестр	Диф.Зачет: 8 семестр	Курсовая работа: 8 семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты компетенций знать, уметь, владеть, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине. Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, практических занятий, выполнения курсовой работы, сдачи дифференцированного зачета и экзамена (зачетного занятия).

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена (зачетного занятия), проводимого с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ

(индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д. Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 5-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений проводится в форме рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу.

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех индивидуальных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации с проведением дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и дифференцированного зачёта, основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине. Аттестационный контроль содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций. Задание формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задачи, контролируемые уровнем сформированности всех заявленных компетенций.

2.4.1.1. Типовые вопросы и задания для аттестационного занятия по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Получить проекции абсолютной угловой скорости вращения горизонтально-географической системы координат на собственные оси

2. Получить проекции абсолютного линейного ускорения центра горизонтально-географической системы координат на собственные оси
3. Получить проекции кажущегося линейного ускорения центра горизонтально-географической системы координат на собственные оси
4. Определения текущих координат местоположения объекта и его скорости
5. Определение углов ориентации объекта относительно горизонтально-географической системы координат
6. Кинематические уравнения в углах Эйлера-Крылова
7. Алгоритм БИНС с использованием кинематических уравнения в углах Эйлера-Крылова
8. Матричное дифференциальное уравнение Пуассона
9. Параметры Родрига-Гамильтона. Собственный кватернион. Прямое и обратное равенство перепроектирования.
10. Кинематическое уравнение в кватернионной форме
11. Погрешности северного канала БИНС с учётом систематических погрешностей акселерометров и гироскопов.
12. Схема интегрированной навигационной системы
13. Схемы комплексирования инерциальной навигационной системы и спутниковой навигационной системы
14. Векторно-матричная форма записи модели линейной динамической системы
15. Оптимальный фильтр Калмана. Критерий оптимальности. Составные элементы фильтра.
16. Дискретные линейные динамические системы. Рекуррентно-разностная форма записи дискретных систем
17. Принцип эквивалентности дискретных и непрерывных детерминированных линейных систем
18. Принцип эквивалентности дискретных и непрерывных стохастических линейных систем
19. Наблюдаемость линейных динамических систем
20. Фильтр Калмана для северного или восточного канала инерциальной навигационной системы

Типовые практические задания для контроля освоенных умений и приобретенных владений:

Задача 1. Задана последовательность поворотов: Угол Курса (ψ) \rightarrow Угол Тангажа (ϑ) \rightarrow Угол Крена (γ). Определить матрицу направляющих косинусов.

Задача 2. Задана последовательность поворотов: Угол Курса (ψ) \rightarrow Угол Крена (γ) \rightarrow Угол Тангажа (ϑ). Определить матрицу направляющих косинусов

Задача 3. Задана последовательность поворотов: Угол Тангажа (ϑ) \rightarrow Угол Курса (ψ) \rightarrow Угол Крена (γ). Определить матрицу направляющих косинусов.

Задача 4. Задана последовательность поворотов: Угол Курса (ψ) \rightarrow Угол Тангажа (ϑ) \rightarrow Угол Крена (γ). Определить собственный кватернион.

Задача 5. Задана последовательность поворотов: Угол Курса (ψ) \rightarrow Угол Крена (γ) \rightarrow Угол Тангажа (ϑ). Определить собственный кватернион.

Задача 6. Задана последовательность поворотов: Угол Тангажа (ϑ) \rightarrow Угол Курса (ψ) \rightarrow Угол Крена (γ). Определить собственный кватернион.

Задача 7. Задан вектор кажущегося ускорения проекциями: $\vec{N} = (\dot{V}_N \quad g \quad 0)$ в осях горизонтально-географической системы координат. Пусть система координат, связанная с объектом, повернута на угол ϑ вокруг оси E горизонтально-географической системы координат. Найти проекции вектора кажущегося ускорения в системе координат, связанной с объектом, используя кватернионы.

Задача 8. Задан вектор кажущегося ускорения проекциями: $\vec{N} = (0 \quad g \quad \dot{V}_E)$ в осях горизонтально-географической системы координат. Пусть система координат, связанная с объектом, повернута на угол γ вокруг оси N горизонтально-географической системы координат. Найти проекции вектора кажущегося ускорения в системе координат, связанной с объектом, используя кватернионы.

Задача 9. Задан вектор кажущегося ускорения проекциями: $\vec{N} = (\dot{V}_N \quad g \quad \dot{V}_E)$ в осях горизонтально-географической системы координат. Пусть система координат, связанная с объектом, повернута на угол ψ вокруг оси Up горизонтально-географической системы координат. Найти проекции вектора кажущегося ускорения в системе координат, связанной с объектом, используя кватернионы.

Задача 10. Задан вектор кажущегося ускорения проекциями: $\vec{N} = (\dot{V}_N \quad g \quad 0)$ в осях горизонтально-географической системы координат. Пусть система координат, связанная с объектом, повернута на угол ϑ вокруг оси E горизонтально-географической системы координат. Найти проекции вектора кажущегося ускорения в системе координат, связанной с объектом, используя матрицы

Задача 11. Задан вектор кажущегося ускорения проекциями: $\vec{N} = (0 \quad g \quad \dot{V}_E)$ в осях горизонтально-географической системы координат. Пусть система координат, связанная с объектом, повернута на угол γ вокруг оси N горизонтально-географической системы координат. Найти проекции вектора кажущегося ускорения в системе координат, связанной с объектом, используя матрицы.

Задача 12. Задан вектор кажущегося ускорения проекциями: $\vec{N} = (\dot{V}_N \quad g \quad \dot{V}_E)$ в осях горизонтально-географической системы координат. Пусть система координат, связанная с объектом, повернута на угол ψ вокруг оси U_p горизонтально-географической системы координат. Найти проекции вектора кажущегося ускорения в системе координат, связанной с объектом, используя матрицы.

Задача 13. Задан вектор абсолютной угловой скорости проекциями: $\vec{\omega} = (U_N \quad U_{U_p} \quad 0)$ в осях горизонтально-географической системы координат. Пусть система координат, связанная с объектом, повернута на угол ϑ вокруг оси E горизонтально-географической системы координат. Найти проекции вектора кажущегося ускорения в системе координат, связанной с объектом, используя матрицы.

Задача 14. Задан вектор абсолютной угловой скорости проекциями: $\vec{\omega} = (U_N \quad U_{U_p} \quad 0)$ в осях горизонтально-географической системы координат. Пусть система координат, связанная с объектом, повернута на угол ϑ вокруг оси E горизонтально-географической системы координат. Найти проекции вектора кажущегося ускорения в системе координат, связанной с объектом, используя кватернионы

Задача 15. Задан вектор абсолютной угловой скорости проекциями: $\vec{\omega} = (U_N \quad U_{U_p} \quad 0)$ в осях горизонтально-географической системы координат. Пусть система координат, связанная с объектом, повернута на угол ϑ вокруг оси E горизонтально-географической системы координат и на угол γ вокруг новой оси X . Найти проекции вектора абсолютной угловой скорости в системе координат, связанной с объектом, используя матрицы

2.4.1.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене (дифференцированном зачете)

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов знать, уметь, владеть заявленных компетенций проводится по 5-балльной шкале оценивания.