

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Юнаков Л. П.
(подпись) ФИО
«___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Направление/специальность подготовки	24.05.06 Системы управления летательными аппаратами
Специализация/профиль/программа подготовки	Системы управления беспилотными летательными аппаратами
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
5	9	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.05.06 Системы управления летательными аппаратами

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ _____

Алексеева Ксения Сергеевна, к.т.н., доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Толпегин О.А., д.т.н., проф. _____

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Толпегин О.А., д.т.н., проф. _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Разделы рабочей программы

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

Приложения к рабочей программе дисциплины

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

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-8 — способность проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)"

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-8

знания:

- знать составные элементы структуры инерциальной навигационной системы как сложной технической системы;
- знать назначение и задачи инерциальных навигационных систем летательных аппаратов;
- знать области применения; задачи, состав и особенности построения и функционирования инерциальных навигационных систем летательных аппаратов различных типов;
- знать принципы формирования алгоритмов инерциальных навигационных систем летательных аппаратов различных типов;;

умения:

- составлять математические модели алгоритмов инерциальных навигационных систем летательных аппаратов;;

навыки:

- иметь навык моделирования работы инерциальной навигационной системы;
- обладать основными методами построения математических моделей алгоритмов инерциальных навигационных систем летательных аппаратов;.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.06 Системы управления летательными аппаратами*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПАРАМЕТРОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, РЯДЫ ФУРЬЕ, ОПЕРАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ И ТЕОРИЯ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ДИНАМИКА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ, ДИНАМИКА ПОЛЕТА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА, НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач
- ОПК-7 — Способен на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательными аппаратами различного назначения, как объектов ориентации, стабилизации, навигации, управления движением, а также создавать математические модели, позволяющие прогнозировать тенденцию их развития как объектов управления и тактики их применения
- ПСК-2.2 — Способность к разработке методик исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов
- ПСК-2.5 — Способность к разработке структуры систем управления БПЛА
- ПСК-2.6 — Способность к разработке и исследованию алгоритмов функционирования системы управления БПЛА

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-8
5	9	Раздел 1. Раздел 1. Инерциальные навигационные системы (ИНС). Введение. 1.1 Основные понятия. 1.2 Назначение и задачи ИНС летательных аппаратов (ЛА). 1.3 Классификация ИНС. Принципы построения платформенных ИНС (БИНС). 1.4 Инерциальные чувствительные элементы.	24	8	4	4	16	20
5	9	Раздел 2. Раздел 2. Алгоритмы ИНС. 2.1 Основные уравнения инерциального метода. 2.2 БИНС с углами Эйлера- Крылова. 2.3 БИНС с направляющими косинусами. Уравнения Пуассона. 2.4 БИНС с использованием оси конечного поворота. 2.5 Кватернионы. 2.5 БИНС с параметрами Родрига-Гамильтона. 2.6 Обобщение алгоритмов БИНС, заключение. Начальная выставка БИНС.	78	37	24	13	41	70
5	9	Раздел 3. Раздел 3. Модель ошибок БИНС. 3.1 Элементарный анализ ошибок БИНС. 3.2 Векторная модель ошибок БИНС. 3.3 Скалярная модель ошибок БИНС.	6	6	6	0	0	10
Всего за 9 семестр			108	51	34	17	57	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Раздел 1. Инерциальные навигационные системы (ИНС). Введение.	Моделирование сигналов преобразователей угловой скорости и линейного ускорения.	4
2	Раздел 2. Раздел 2. Алгоритмы ИНС.	Реализация алгоритма БИНС	13
Всего за 9 семестр			17

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Раздел 1. Инерциальные навигационные системы (ИНС). Введение.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практической работе № 1. Выполнение практической работы №1	16
2	Раздел 2. Раздел 2. Алгоритмы ИНС.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практической работе № 2. Выполнение практической работы №2	41
Всего за 9 семестр			57

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		16	17
9						ДР	ВПЗ			ДР	ИПЗ				ВПЗ, КПос, Вопр. Экз		ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВПЗ – вопросы/задания по темам ПЗ;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание;
- КПос – контроль посещаемости;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

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

- диагностическая работа;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- индивидуальное практическое задание;
- контроль посещаемости;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Исследование динамики инерциальных навигационных систем управления беспилотных летательных аппаратов. СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023, эл. рес.
2. В. В. Матвеев, В. Я. Распопов. . Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем. СПб.: Изд-во ЦНИИ "Электроприбор", 2009, эл. рес.
3. О. А. Толпегин, И. Л. Петрова. . Динамика инерциальных систем управления летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009, 57 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

- ## 1. Датчики и системы.

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

1. <http://strapdownassociates.com/> — Strapdown Associates Inc., Paul G Savage, Books, Strapdown Analytics, strapdown, inertial, navigation, consulting, Paul Savage, Geordie, Quaternion, Geordie's Quaternion, Blazing, Blazing Gyros, Skewed Redundancy, Skewed, Stellar, Relativity, Point-To-Point, Schuler, Optical Gyro, Ring Laser, Laser, Ring Laser Gyro, RLG, Fiber Optic, Fiber Optic Gyro, FOG;
2. <https://www.mdpi.com/journal/sensors> — Sensors | An Open Access Journal from MDPI;
3. <http://www.elektropribor.spb.ru/nauchnaya-deyatelnost/zhurnal/elektronnaya-versiya/> — PhPIC, PsCTPpP·P·C†PpCII.

Современные профессиональные базы данных:

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

Информационные справочные системы:

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

5.5. Программное обеспечение:

1. Matlab 2015a SP1.

5.6. Информационные технологии:

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

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

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

6.2. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Аудитория с числом посадочных мест не меньше количества обучающихся;
3. Matlab 2015a SP1.

6.3. Прочее:

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

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.06 Системы управления летательными аппаратами*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:
ОПК-8 способность проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)".

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с принципами построения и методами анализа инерциальных навигационных систем летательных аппаратов. Задача дисциплины – научить методам составления математических моделей алгоритмов работы ИНС с учетом динамических свойств чувствительных элементов и особенностей движения ЛА, выбирать параметры инерциальных навигационных систем, обеспечивающие требуемое качество и точность работы этих систем.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- индивидуальное практическое задание;
- контроль посещаемости;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

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

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

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

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Раздел 1. Инерциальные навигационные системы (ИНС). Введение.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практической работе № 1. Выполнение практической работы №1	В. В. Матвеев, В. Я. Распопов. . Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем: СПб.: Изд-во ЦНИИ "Электроприбор", 2009 (1) . Исследование динамики инерциальных навигационных систем управления беспилотных летательных аппаратов: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (1)	16
Итого по разделу 1		16
Раздел 2. Раздел 2. Алгоритмы ИНС.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практической работе № 2. Выполнение практической работы №2	О. А. Толпегин, И. Л. Петрова. . Динамика инерциальных систем управления летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009 (1) . Исследование динамики инерциальных навигационных систем управления беспилотных летательных аппаратов: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (2) В. В. Матвеев, В. Я. Распопов. . Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем: СПб.: Изд-во ЦНИИ "Электроприбор", 2009 (3)	41
Итого по разделу 2		41

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- контроль посещаемости;
- вопросы к экзамену;
- индивидуальное практическое задание;
- экзамен.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

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

Вопросы/задания по темам ПЗ

Вопросы/задания по темам практических заданий позиционируются как защита практической работы, необходим развернутый ответ на минимум три вопроса по теме практических занятий. Защита продолжается до тех пор, пока развернутый ответ не получен, при возникновении затруднений преподаватель задает наводящие вопросы, рекомендует литературу с указанием параграфа или страницы. Возможна замена вопроса. Ответы принимаются лично или удаленно в доступных чатах в любое удобное для студента и преподавателя время. Защита всех практических работ необходима для допуска к экзамену. Примеры вопросов входят в состав УМК дисциплины

Контроль посещаемости

Контроль посещаемости проводится на каждом занятии. Если занятие пропущено, то студенту необходимо сдать тему преподавателю и продемонстрировать знание материала. Тема сдается устно либо лично, либо при помощи аудиосообщений в доступных чатах.

Вопросы к экзамену

Вопросы к экзамену входят в состав УМК дисциплины.

Индивидуальное практическое задание

ИПЗ выдается в качестве индивидуальных исходных данных для выполнения практической работы, вариант. Комплекты индивидуальных заданий входят в состав УМК дисциплины.

Экзамен

Экзамен проводится в форме устных ответов на один из вопросов к экзамену и три дополнительных вопроса преподавателя.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он полностью ответил на вопрос экзаменационного билета и правильно ответил на 3 вопроса по содержанию курса.
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он не полностью ответил на вопрос экзаменационного билета и правильно ответил на 3 вопроса по содержанию курса .
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он не полностью ответил на вопрос экзаменационного билета и неправильно ответил на 2 вопроса по содержанию курса.
- во всех других случаях обучающемуся выставляется оценка «удовлетворительно».

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-8	
5	9	Раздел 1. Раздел 1. Инерциальные навигационные системы (ИНС). Введение.	24	8	4	4	16	20	Вопросы к экзамену, Вопросы/ задания по темам ПЗ, Контроль посещаемости
5	9	Раздел 2. Раздел 2. Алгоритмы ИНС.	78	37	24	13	41	70	Вопросы/ задания по темам ПЗ, Вопросы к экзамену, Индивидуальное практическое задание, Контроль посещаемости
5	9	Раздел 3. Раздел 3. Модель ошибок БИНС.	6	6	6	0	0	10	Вопросы к экзамену, Контроль посещаемости
Всего за 9 семестр			108	51	34	17	57	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	

Критерии оценивания

ОПК-8

Вопросы открытого типа:

№ 1 Летательный аппарат движется вертикально вверх с тягой $8mg$, по вертикальной оси действует сила тяжести и установлена ось чувствительности акселерометра. Если пренебречь аэродинамическими силами, то какое ускорение измерит акселерометр?

№ 2

Какое численное значение вектора проекций линейного ускорения $(n_x \ n_y \ n_z)$ измерит идеальная неподвижная ИНС, стоящая на поверхности с допущением о малости угловой скорости вращения Земли и о малом влиянии кривизны Земли?
Измерительные оси акселерометров совпадают с осями географической системы координат. Ускорение силы тяжести принять $g=9.81 \text{ м/с}^2$.

№ 3

Определим матрицу направляющих косинусов A как матрицу перехода из системы координат (СК) №2 в СК №3, матрицу B как матрицу перехода из СК №1 в СК №3. Тогда матрица C перехода из СК №1 в СК №2 равна

№ 4

Определите угловую скорость в уравнении Пуассона $\dot{C}_B^A = [\omega_{AB}^A \times] C_B^A$, где символами A и B обозначены системы координат, как угловую скорость вращения одной СК относительно другой в проекциях на оси заданной СК.

№ 5 Что измеряет акселерометр? Дайте определение.

№ 6 Полностью определите географическую (навигационную) систему координат

№ 7

Определите результат произведения двух кватернионов $N \circ M$, где $M = m_0 + m_3 \cdot k$ и $N = n_0 + n_1 \cdot i$

№ 8

Дано преобразование $x y z \xrightarrow[\alpha]{x_1, x_1} x_1 y_1 z_1$. Собственный кватернион вращения, характеризующий положение системы координат $x_1 y_1 z_1$ относительно $x y z$ $\Lambda = \lambda_0 + \lambda_1 i + \lambda_2 j + \lambda_3 k$. Определите параметр λ_3 через угол α .

№ 9 Почему не рекомендуется использовать углы Эйлера-Крылова в алгоритме БИНС?

№ 10 Дайте определение угла крена

Вопросы закрытого типа:

№ 1 Референц-эллипсоид ...

1. описывает орбиты движения спутников Земли
2. описывает поверхность границ атмосферы Земли
3. аппроксимирует поверхность геоида на определенной территории
4. аппроксимирует поверхность геоида в планетарном масштабе

№ 2 Принцип ИНС основан на ...

1. одинарном интегрировании проекций угловой скорости
2. двойном интегрировании проекций угловой скорости
3. двойном интегрировании проекций линейного ускорения
4. одинарном интегрировании проекций линейного ускорения

№ 3

Матрица $\begin{pmatrix} -\sin\alpha & 0 & \cos\alpha \\ 0 & 0 & 1 \\ \cos\alpha & 1 & \sin\alpha \end{pmatrix}$ является ортогональной.

1. верно
2. неверно

№ 4 Сила Кориолиса действует только на движущуюся относительно подвижной системы отсчета частицу и зависит от скорости этого движения. Эта сила не зависит от положения частицы относительно подвижной системы отсчета.

1. верно
2. неверно

№ 5 Гиперкомплексное отображение любого вектора – это собственный кватернион вращения.

1. верно
2. неверно

№ 6 Любой кватернион всегда может быть представлен в виде суммы векторной и скалярной части

1. верно
2. неверно

№ 7 Угол между плоскостью экватора и отвесной линией называется

1. геодезическая широта
2. астрономическая широта
3. геоцентрическая широта
4. географическая широта

№ 8 Период Шулера это

1. период колебаний угловой скорости вращения Земли
2. период колебаний маятника с длиной плеча, равной расстоянию до поверхности Земли
3. период колебаний маятника, не возмущаемого движением точки подвеса
4. период колебаний маятника с длиной плеча, равной половине радиуса Земли

№ 9 Проекция угловой скорости вращения Земли на ось ОУ географической системы координат всегда равна нулю. Географическая система координат определена с началом в центре масс ЛА, ось X направлена на север по касательной к меридиану, ось Y направлена вертикально вверх по местной вертикали, ось Z по касательной к параллели на восток и дополняет систему до правой.

1. верно
2. неверно

№ 10

относительную угловую скорость связанной системы координат можно представить в векторном виде как Где \bar{U} – угловая скорость вращения Земли; ψ , ϑ , γ – рыскание, тангаж и крен соответственно; λ и φ – долгота и широта.

1. $\bar{\psi} + \bar{\vartheta} + \bar{\gamma}$
2. \bar{U}
3. $\bar{\lambda} + \bar{\varphi}$
4. $\bar{\omega} = 0$

№ 11 Параметры Родрига-Гамильтона ...

1. это составляющие векторной части любого кватерниона
2. это составляющие любого кватерниона
3. это составляющие собственного кватерниона вращения
4. это составляющие скалярной части любого кватерниона