

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ НАВИГАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Направление/специальность подготовки	24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование и оценка эффективности ракетно-космических систем
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ
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)

**24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика**

год набора группы: 2025

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 Петрова И.Л., к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
НАВИГАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ 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:

ПК-1.3 — Способен организовывать разработки технического предложения, аванпроекта, эскизного проекта, макета и технического проекта летательного аппарата, его модернизации или модификации

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-1.3**

#### *знания:*

Знать принципы построения и методы анализа инерциальных, спутниковых, корреляционно-экстремальных навигационных систем летательных аппаратов. Способы включения первичной информации в навигационные алгоритмы.;

#### *умения:*

умение формировать математические модели сигналов датчиков (измерителей) с учетом структуры сигнала и динамических свойств чувствительных элементов и особенностей движения ЛА;

#### *навыки:*

навык выбора параметров датчиков (измерителей), обеспечивающих требуемое качество и точность работы навигационных систем..

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **НАВИГАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания физико-математической подготовки бакалавра и служит основой для освоения дисциплин: **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА, НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА, ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПАРАМЕТРОВ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

### 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, % ПК-1.3
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		
5	9	Раздел 1. Инерциальные навигационные системы (ИНС). 1.1 Основные понятия. 1.2 Классификация ИНС. Принципы построения бесплатформенных ИНС (БИНС). 1.3 Инерциальные датчики. 1.4 Основные уравнения инерциального метода. 1.5 БИНС с углами Эйлера-Крылова. 1.6 БИНС с параметрами Родрига-Гамильтона. 1.7 Обобщение алгоритмов БИНС, заключение. Начальная выставка БИНС.	80	39	22	17	41	70
5	9	Раздел 2. Спутниковые навигационные системы (СНС). 1.1 Основные понятия. 1.2 Методы комплексирования БИНС и СНС.	10	6	6	0	4	20
5	9	Раздел 3. корреляционно-экстремальные навигационные системы (КЭНС). 1.1 Основные понятия. Классификация 1.2 Гравиметрические системы 1.3 Магнитометрические системы 1.4 КЭНС на основе рельефа местности 1.5 Методы сопоставления карт, ИССР метод.	18	6	6	0	12	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. Инерциальные навигационные системы (ИНС).	Моделирование сигналов преобразователей угловой скорости и линейного ускорения.	10
2		Реализация алгоритма БИНС	7
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. Инерциальные навигационные системы (ИНС).	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практической работе № 1. Выполнение практической работы №1	21
2		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практической работе № 2. Выполнение практической работы №2	20
3	Раздел 2. Спутниковые навигационные системы (СНС).	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе.	4
4	Раздел 3. корреляционно-экстремальные навигационные системы (КЭНС).	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе.	12
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	ВПЗ				КПос. Вопр. Экз		ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВПЗ – вопросы/задания по темам ПЗ;
- 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;
- 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, 38 экз.
2. В. В. Матвеев, В. Я. Распопов. . Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем. СПб.: Изд-во ЦНИИ "Электроприбор", 2009, эл. рес.
3. В. В. Щербинин. . Построение инвариантных корреляционно-экстремальных систем навигации и наведения летательных аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011, эл. рес.
4. Ю. А. Соловьёв. . Спутниковая навигация и её приложения. М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2003, 15 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <http://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://glonass-iac.ru/> — Прикладной потребительский центр ГЛОНАСС;
3. <https://www.ngdc.noaa.gov/> — NOAA National Centers for Environmental Information (NCEI).

### Современные профессиональные базы данных:

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

### Информационные справочные системы:

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

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

### 5.6. Информационные технологии:

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

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

### **6.1. Лекционные занятия:**

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

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор.

### **6.3. 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 **НАВИГАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению **24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика**. 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*:

ПК-1.3 Способен организовывать разработки технического предложения, аванпроекта, эскизного проекта, макета и технического проекта летательного аппарата, его модернизации или модификации.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с принципами построения и методами анализа инерциальных, спутниковых, корреляционно-экстремальных навигационных систем летательных аппаратов. Обзор датчиков(измерителей), участвующих в получении первичной информации указанных навигационных методов. Обзор способов:

-включения первичной информации в навигационные алгоритмы;

-формирования математических моделей сигналов датчиков (измерителей) с учетом структуры сигнала и динамических свойств чувствительных элементов и особенностей движения ЛА;

- выбора параметров датчиков (измерителей), обеспечивающих требуемое качество и точность работы навигационных 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;
- 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.
<b>Раздел 1. Инерциальные навигационные системы (ИНС).</b>		
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 (1-3)	21
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практической работе № 2. Выполнение практической работы №2	. Исследование динамики инерциальных навигационных систем управления беспилотных летательных аппаратов: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (1-2)	20
Итого по разделу 1		41
<b>Раздел 2. Спутниковые навигационные системы (СНС).</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе.	Ю. А. Соловьёв. . Спутниковая навигация и её приложения: М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2003 (2-4,12)	4
Итого по разделу 2		4
<b>Раздел 3. корреляционно-экстремальные навигационные системы (КЭНС).</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе.	В. В. Щербинин. . Построение инвариантных корреляционно-экстремальных систем навигации и наведения летательных аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011 (1-2)	12
Итого по разделу 3		12

## 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;
- 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.

#### 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		ПК-1.3	
5	9	Раздел 1. Инерциальные навигационные системы (ИНС).	80	39	22	17	41	70	Вопросы/ задания по темам ПЗ, Вопросы к экзамену, Контроль посещаемости
5	9	Раздел 2. Спутниковые навигационные системы (СНС).	10	6	6	0	4	20	Вопросы к экзамену, Контроль посещаемости
5	9	Раздел 3. корреляционно-экстремальные навигационные системы (КЭНС).	18	6	6	0	12	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	

ПК-1.3 - Способен организовывать разработки технического предложения, аванпроекта, эскизного проекта, макета и технического проекта летательного аппарата, его модернизации или модификации

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

Составляющими абсолютной угловой скорости связанной системы координат в векторном виде являются:

1.  $\vec{\psi} + \vec{\theta} + \vec{\gamma}$  сумма угловых скоростей по углам рыскания, тангажа и крена
2.  $\vec{U}$  угловая скорость вращения Земли
3.  $\vec{\lambda}$  угловая скорость по долготе
4.  $\vec{\phi}$  угловая скорость по широте

№ 2 Прочитайте текст и установите последовательность

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  $g=9.81$  м/с<sup>2</sup>.

Ответ необходимо дать в виде последовательности значений проекций XYZ типа 1-2-3 или 1-1-1

1) 0 2) +9.81 3) -9.81

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

Определим матрицу направляющих косинусов А как матрицу перехода из системы координат (СК) №2 в СК №3, матрицу В как матрицу перехода из СК №1 в СК №3. Тогда матрица С перехода из СК №1 в СК №2 равна

- 1)  $A^T * B$
- 2)  $B^T * A$
- 3)  $(B^T * A)^T$
- 4)  $(A^T * B)^T$

№ 4 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность словосочетаний в тексте:

Кажущееся ускорение – это 1, геометрическая разность между 2 объекта и 3.

А абсолютное ускорение

Б ускорение силы тяготения

В линейное ускорение

№ 5 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Прочитайте задачу и запишите развернутый обоснованный ответ.

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?

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

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
5. описывает границы поверхности Земли

№ 7 Прочитайте текст и установите соответствие

Сопоставьте определения:

А относительная угловая скорость географической подвижной системы координат, связанной с направлением местной вертикали

Б относительная угловая скорость связанной с ЛА системы координат

1.  $\bar{\psi} + \bar{\vartheta} + \bar{\gamma}$

2.  $\bar{\lambda} + \bar{\varphi}$

Где  $\psi$ ,  $\vartheta$ ,  $\gamma$  – рыскание, тангаж и крен соответственно;  $\lambda$  и  $\varphi$  – долгота и широта.

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

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Выберите верное утверждение

1. Сила Кориолиса действует только на неподвижную относительно подвижной системы отсчета частицу и зависит от положения частицы. Эта сила не зависит от скорости движения частицы относительно подвижной системы отсчета.
2. Сила Кориолиса действует только на неподвижную относительно подвижной системы отсчета частицу и зависит от скорости этого движения. Эта сила не зависит от положения частицы относительно подвижной системы отсчета.
3. 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.
4. Сила Кориолиса действует только на движущуюся относительно подвижной системы отсчета частицу и зависит от скорости этого движения. Эта сила не зависит от скорости движения частицы относительно подвижной системы отсчета.

№ 10 Прочитайте текст и установите соответствие

Дана ортогональная матрица  $\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ 0 & 1 & 0 \\ \cos\alpha & 0 & \sin\alpha \end{pmatrix}$ , сопоставьте

соответствующие элементы  $a_{11}$ ,  $a_{12}$  и  $a_{13}$ :

- 1)  $-\sin\alpha$
- 2)  $\cos\alpha$
- 3) 0

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
КЭНС расшифровывается как...

- 1) комплексно-экстремальная система
- 2) корреляционно-экстремальная система
- 3) комплексированная элементарная система
- 4) ковариационно-элементарная система

№ 12 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

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

Запишите решение и ответ.