

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 05.09.2025 12:17:42  
Уникальный программный ключ:  
04c19ed8bb98f3b6cb77a486b9a8788b8922523



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Инерциальные навигационные системы летательных аппаратов»  
по направлению подготовки 24.03.03 «Баллистика и гидроаэродинамика» направленности (профилю) Баллистика и  
гидроаэродинамика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

|                      |        |                        |               |
|----------------------|--------|------------------------|---------------|
| Версия документа - 1 | стр. 1 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |
|----------------------|--------|------------------------|---------------|

**Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации  
по дисциплине (модулю)  
Инерциальные навигационные системы летательных аппаратов**

Направление подготовки (специальность)  
24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика

Направленность (профиль)  
Баллистика и гидроаэродинамика

Присваиваемая квалификация (степень)  
Бакалавр

Форма обучения  
Очная

Челябинск, 2025 г.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Инерциальные навигационные системы летательных аппаратов»  
по направлению подготовки 24.03.03 «Баллистика и гидроаэродинамика» направленности (профилю) Баллистика и  
гидроаэродинамика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

|                      |        |                        |               |
|----------------------|--------|------------------------|---------------|
| Версия документа - 1 | стр. 2 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |
|----------------------|--------|------------------------|---------------|

## Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Перечень формируемых компетенций
3. Содержание оценочных средств по дисциплине
  - 3.1. Виды оценочных средств
  - 3.2. Содержание оценочных средств
4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации
  - 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации
  - 4.2. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Инерциальные навигационные системы летательных аппаратов»  
по направлению подготовки 24.03.03 «Баллистика и гидроаэродинамика» направленности (профилю) Баллистика и  
гидроаэродинамика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 3

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика

Направленность (профиль): Баллистика и гидроаэродинамика

Дисциплина: Инерциальные навигационные системы летательных аппаратов

Семестр: 7

Форма промежуточной аттестации: зачет

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ И ЭТАПЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

### 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Инерциальные навигационные системы летательных аппаратов» направлено на формирование следующих компетенций:

| Коды компетенции (по ФГОС) | Содержание компетенций согласно ФГОС  | Индикаторы достижения компетенций согласно ОПОП  | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине   |
|----------------------------|---|--|---|
| ОПК-5                      | Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники | ОПК-5.1. Знать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники.<br>ОПК-5.2. Уметь применять методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники.<br>ОПК-5.3. Имеет практический опыт применения подходов и методов решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники. | <u>Знать:</u><br>Для достижения ОПК-5.1: основы проектирования, конструирования и производства приборов ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов; виды проектной документации;<br><u>Уметь:</u><br>Для достижения ОПК-5.2: анализировать требования системного уровня к приборным системам управления ЛА и осуществлять процесс их проектирования с применением технических и программных средств;<br><u>Владеть:</u><br>Для достижения ОПК-5.3: навыками разработки приборных систем управления ЛА на основе |



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Инерциальные навигационные системы летательных аппаратов»  
по направлению подготовки 24.03.03 «Баллистика и гидроаэродинамика» направленности (профилю) Баллистика и  
гидроаэродинамика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 4

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

|       |  |   |   |
|-------|--|---|---|
|       |  |   | проведенного анализа<br>актуальной нормативной<br>документации посредством<br>использования различных<br>технических и<br>программных средств   |
| ОПК-6 | Способен<br>применять<br>естественнонаучн<br>ые и<br>общеинженерные<br>знания, методы<br>математического<br>анализа и<br>моделирования,<br>теоретического и<br>экспериментальн<br>ого исследования<br>в<br>профессионально<br>й деятельности | ОПК-6.1. Знать основные<br>способы учета<br>аэродинамических и<br>баллистических<br>параметров при решении<br>задач ракетно-<br>космической техники.<br>ОПК-6.2. Уметь решать<br>задачи ракетно-<br>космической техники с<br>учетом аэродинамических<br>и баллистических<br>параметров.<br>ОПК-6.3. Иметь навыки<br>анализа влияния<br>аэродинамических и<br>баллистических<br>параметров на<br>эксплуатационные<br>характеристики ракетно-<br>космической техники. | <u>Знать:</u><br>Для достижения ОПК-6.1:<br>методы и наиболее<br>оптимальные подходы<br>проведения<br>экспериментальных<br>исследований, а также<br>методы анализа<br>полученных результатов;<br><u>Уметь:</u><br>Для достижения ОПК-6.2:<br>организовывать и<br>проводить<br>экспериментальные<br>исследования с выбором<br>современных технических<br>средств, анализировать<br>результаты экспериментов<br>и наблюдений, используя<br>оптимальные методы<br>анализа научных данных;<br><u>Владеть:</u><br>Для достижения ОПК-6.3:<br>навыками организации и<br>проведения<br>экспериментальных<br>исследований (с<br>применением современных<br>технических средств) с<br>последующим анализом<br>результатов экспериментов<br>и наблюдений, используя<br>методы анализа научных<br>данных |

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1 Виды оценочных средств



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Инерциальные навигационные системы летательных аппаратов»  
по направлению подготовки 24.03.03 «Баллистика и гидроаэродинамика» направленности (профилю) Баллистика и  
гидроаэродинамика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 5

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_

| № п/п | Код компетенции/<br>планируемые<br>результаты<br>обучения | Контролируемые темы/<br>разделы                               | Наименование<br>оценочного<br>средства для<br>текущего<br>контроля | Наименование<br>оценочного<br>средства на<br>промежуточной<br>аттестации/№<br>задания |
|-------|---|---|--|---|
| 1.    | ОПК-5<br>ОПК-6  | Инерциальные чувствительные элементы                          | задачи к практическим занятиям                                     | вопросы к зачету, задача  |
|       |   | Принципиальные основы инерциального метода счисления          | задачи к практическим занятиям                                     | вопросы к зачету, задача  |
|       |   | Автономные платформенные инерциальные системы навигации (ИСН) | задачи к практическим занятиям                                     | вопросы к зачету, задача  |
|       |   | Модели ошибок автономных платформенных ИНС                    | задачи к практическим занятиям                                     | вопросы к зачету, задача  |
|       |   | Начальная выставка, коррекция и калибровка ИНС                | задачи к практическим занятиям                                     | вопросы к зачету, задача  |
|       |   | Принципы построения БИНС.                                     | задачи к практическим занятиям                                     | вопросы к зачету, задача  |
|       |   | БИНС на акселерометрах и ДУС                                  | задачи к практическим занятиям                                     | вопросы к зачету, задача  |
|       |   | Модель ошибок БИНС  | задачи к практическим занятиям                                     | вопросы к зачету, задача  |
|       |   | Моделирование алгоритмов БИНС в среде MATLAB/SIMULINK         | задачи к практическим занятиям                                     | вопросы к зачету, задача  |

### 3.2 Содержание оценочных средств

Вопросы к зачету

1. Инерциальный способ определения координат местоположения объекта.
2. Инерциальная навигация на плоской поверхности.
3. Навигация на сферической Земле.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Инерциальные навигационные системы летательных аппаратов»  
по направлению подготовки 24.03.03 «Баллистика и гидроаэродинамика» направленности (профилю) Баллистика и  
гидроаэродинамика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

|                      |        |                        |               |
|----------------------|--------|------------------------|---------------|
| Версия документа - 1 | стр. 6 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |
|----------------------|--------|------------------------|---------------|

4. Маятник, не возмущаемый ускорениями точки подвеса.
5. Период Шулера.
6. Акселерометр. Особенности. измерения ускорения. Фигура Земли.
7. Географические координаты. Виды координат.
8. Принципы построения ИНС.
9. ИНС полуаналитического типа.
10. ИНС геометрического типа.
11. Классификация платформенных ИСН.
12. Уравнения, функциональные и структурные схемы ИНС.
13. Модели ошибок автономных платформенных ИНС.
14. Методики получения моделей ошибок ИНС.
15. Методические и инструментальные составляющие ошибок ИНС.
16. Уравнения ошибок инерциальных навигационных систем.
17. Определение при помощи ИНС ориентации корпуса объекта.
18. Начальная выставка, коррекция и калибровка ИНС.
19. Методы начальной выставки. Общая постановка задачи коррекции.
20. Калибровка и выставка инерциальных навигационных систем.
21. Основные виды навигационной информации, дополнительной по отношению к инерциальной.
22. Формирование сигналов коррекции.
23. Принципы построения БИНС.
24. БИНС с акселерометрами и ДУС.
25. Акселерометрические БИНС.
26. БИНС на неуправляемых гироскопах.
27. БИНС с углами Эйлера- Крылова.
28. БИНС с направляющими косинусами.
29. Уравнение Пуассона.
30. БИНС с двумя уравнениями Пуассона.
31. БИНС с одним уравнением Пуассона.
32. БИНС с параметрами Родрига – Гамильтона.
33. Кватернионы. Кватернионные матрицы.
34. Кинематическое уравнение для кватерниона.
35. Анализ алгоритмов БИНС. Начальная выставка БИНС.
36. Модель ошибок БИНС.
37. Элементарный анализ ошибок БИНС.
38. Векторная модель ошибок БИНС.
39. Скалярная модель ошибок БИНС.
40. Уравнения ошибок БИНС в определении параметров ориентации.
41. Моделирование алгоритмов БИНС в среде MATLAB/SIMULINK.
42. Алгоритмы ориентации.
43. Алгоритм ориентации с углами Эйлера – Крылова.
44. Алгоритм ориентации с направляющими косинусами.
45. Алгоритм ориентации с кватернионами.
46. Калибровка инерциальных ЧЭ с помощью фильтра Калмана.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Инерциальные навигационные системы летательных аппаратов»  
по направлению подготовки 24.03.03 «Баллистика и гидроаэродинамика» направленности (профилю) Баллистика и  
гидроаэродинамика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 7

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

## 4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации

Текущий контроль теоретических знаний и практических навыков производится на практических занятиях.

Студент допускается к сдаче зачета в конце семестра при успешном выполнении практических заданий.

Зачет ставится на основании устного ответа по билету с вопросами.

Оценка «Зачтено» ставится, если студент знает учебно-программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос.

Может правильно применить теоретические положения.

Оценка «Не зачтено» ставится, если студент не освоил основной материал.

### 4.2. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

Критерии оценивания ответа на зачетный вопрос

| зачтено   | зачтено   | зачтено  | не зачтено  |
|---|---|--|---|
| Высокий уровень освоения проверяемых компетенций  | Средний уровень освоения проверяемых компетенций  | Базовый уровень освоения проверяемых компетенций   | Недостаточный уровень освоения проверяемых компетенций  |
| Обучающийся отлично знает материал, воспроизведя соответствующие математические выкладки и логические рассуждения, правильно обосновывает принятые решения. Возможны несущественные ошибки. | Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, но при этом допускаются негрубые ошибки при выводе формул и решении задачи или отсутствие некоторых элементов вывода. | Обучающийся знаком с материалом, но допускает грубые фактические ошибки, не оперирует основной терминологией и понятийным аппаратом по теме. | Доклад не представлен (ответа на зачетный вопрос отсутствует), либо, обучающийся не знает основных положений вопроса, не ориентируется в основных понятиях, излагает материал с трудом, с грубыми фактическими ошибками, либо отказывается от ответов на вопросы. |

Особенности аттестации инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Инерциальные навигационные системы летательных аппаратов»  
по направлению подготовки 24.03.03 «Баллистика и гидроаэродинамика» направленности (профилю) Баллистика и  
гидроаэродинамика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 8

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

Уровни сформированности компетенций определяется следующим образом:

1. Высокий уровень сформированности компетенций соответствует оценке зачтено:  
предполагает формирование компетенций на высоком уровне: студент свободно владеет основной терминологией и понятийным аппаратом дисциплины «Инерциальные навигационные системы летательных аппаратов», что позволяет формулировать выводы и участвовать в дискуссии по учебным вопросам данной дисциплины; полностью сформировано умение применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач и уверенно владеть навыком их решения;
2. Средний уровень соответствует оценке зачтено:  
предполагает формирование компетенций на среднем уровне: студент хорошо владеет основной терминологией и понятийным аппаратом дисциплины «Инерциальные навигационные системы летательных аппаратов»; сформировано умение применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач и владеть навыками решения базовых задач;
3. Базовый уровень соответствует оценке зачтено:  
предполагает формирование компетенций на начальном уровне: студент знает «теоретический минимум» и недостаточно владеет методами решения базовых задач;
4. Низкий уровень соответствует оценке незачтено:  
студент не владеет основной терминологией и понятийным аппаратом дисциплины «Инерциальные навигационные системы летательных аппаратов»; не владеет навыками решения базовых задач.

