

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

---

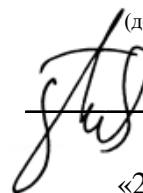
Кафедра №13

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель направления

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)



В.К. Пономарев

(подпись)

«29»\_\_05\_\_\_\_2021 г.,

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Обработка навигационной информации»**

(Название дисциплины)

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Код направления             | 24.05.06  |
| Наименование направления    | Системы управления летательными аппаратами      |
| Наименование направленности | Приборы систем управления летательных аппаратов |
| Форма обучения              | очная   |

Санкт-Петербург 2021г.

## Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил(а)

доц., к.т.н.. доц.

должность, уч. степень, звание

  
подпись, дата

А.С. Кошкаргов

инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 13

«29»\_\_05\_\_\_\_2021 г, протокол № 7

Заведующий кафедрой № 13

доц.,к.т.н.,доц.

должность, уч. степень, звание

  
подпись, дата

Н.А. Овчинникова

инициалы, фамилия

Ответственный за ОП 24.05.06(01)

доц.,к.т.н.,доц.

должность, уч. степень, звание

  
подпись, дата

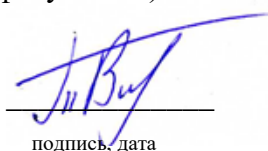
В.К. Пономарев

инициалы, фамилия

Заместитель директора института (факультета) № 1 по методической работе

Ст. преподаватель

должность, уч. степень, звание

  
подпись, дата

В.Е. Таратун

инициалы, фамилия

## Аннотация

Дисциплина «Обработка навигационной информации» входит в образовательную программу подготовки студентов по направлению «24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами» направленность «Приборы систем управления летательных аппаратов». Дисциплина реализуется кафедрой №13.

Целями преподавания дисциплины «Обработка навигационной информации» являются получение студентами необходимых навыков анализа и синтеза алгоритмов обработки навигационной информации, развитие навыков проектирования инерциальных навигационных систем и навигационных комплексов.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ОПК-6 «Способен осуществлять критический анализ научных достижений, а также использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области систем управления летательными аппаратами»

ПК-4 «Способен координировать подготовку, проведение и анализ результатов испытаний приборов ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов и их составных частей»

ПК-7 «Способен представлять результаты исследований в форме отчетов, рефератов, обзоров, публикаций, докладов и заявок на изобретения»

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа студента, консультации. Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Целями преподавания дисциплины «Обработка навигационной информации» являются получение студентами необходимых навыков анализа и синтеза алгоритмов обработки навигационной информации, развитие навыков проектирования инерциальных навигационных систем и навигационных комплексов.

**1.2. Дисциплина входит в состав обязательной части образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).**

**1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

| Категория (группа) компетенции   | Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции   |
|----------------------------------|---|--|
| Общепрофессиональные компетенции | ОПК-6 Способен осуществлять критический анализ научных достижений, а также использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области систем управления летательными аппаратами | ОПК-6.3.1 знать современный математический аппарат и программные продукты, используемые при решении профессиональных задач в области систем управления летательными аппаратами<br>ОПК-6.У.1 уметь создавать алгоритмы для решения типовых задач обработки информации<br>ОПК-6.В.1 иметь навыки применения программных продуктов для обработки информации |
| Профессиональные компетенции     | ПК-4 Способен координировать подготовку, проведение и анализ результатов испытаний приборов ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов и их составных частей                            | ПК-4.У.1 уметь разрабатывать планы, программы и методики проведения испытаний приборов ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов, их составных частей<br>ПК-4.В.1 владеть методами обработки результатов испытаний с использованием электронно-вычислительной машины  |
| Профессиональные компетенции     | ПК-7 Способен представлять результаты исследований в форме отчетов, рефератов, обзоров, публикаций, докладов и заявок на изобретения  | ПК-7.У.1 уметь оформлять публикационные материалы и научно-техническую документацию, используя нормы русского языка<br>ПК-7.В.1 владеть навыками обобщения, формулирования и изложения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ   |

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина базируется на знаниях, ранее приобретенных студентами при изучении следующих дисциплин:

- Математика. Аналитическая геометрия и линейная алгебра
- Математика. Математический анализ
- Математика. Теория вероятностей и математическая статистика
- Основы профилизации
- Основы теории пилотажно-навигационных комплексов
- Технические средства навигации и управления движением
- Цифровые системы управления и обработки информации
- Основы теории управления
- Информатика

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

| Вид учебной работы  | Всего  | Трудоемкость по семестрам |
|---|--------|---------------------------|
|   |        | №9                        |
| 1   | 2      | 3                         |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)</b>  | 5/ 180 | 5/ 180                    |
| <b><i>Из них часов практической подготовки</i></b>  | 11     | 11                        |
| <b><i>Аудиторные занятия, всего час.,<br/>В том числе</i></b>   | 51     | 51                        |
| лекции (Л), (час)   | 34     | 34                        |
| Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)  |        |                           |
| лабораторные работы (ЛР), (час)   | 17     | 17                        |
| курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)  |        |                           |
| Экзамен, (час)  | 36     | 36                        |
| <b><i>Самостоятельная работа, всего (час)</i></b>   | 93     | 93                        |
| <b>Вид промежуточной аттестации: зачет, экзамен, дифференцированный зачет (Зачет. Экз. Дифф. зач)</b> | Экз.   | Экз.                      |

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

Разделы и темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3. – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость

| Разделы, темы дисциплины   | Лекции<br>и<br>(час) | ПЗ<br>(СЗ)<br>(час) | ЛР<br>(час) | КП<br>(час) | СРС<br>(час) |
|--|----------------------|---------------------|-------------|-------------|--------------|
| Семестр 9  |                      |                     |             |             |              |
| Раздел 1. Основы теории оценивания.  |                      |                     |             |             |              |
| Тема 1.1. Примеры и постановки задач оценивания постоянных параметров при обработке информации.                          | 2                    |                     | 5           |             | 10           |
| Тема 1.2. Алгоритмы оценивания на основе минимизации наблюдаемых критериев. Метод наименьших квадратов .                 | 4                    |                     | 2           |             | 10           |
| Тема 1.3. Небайесовские алгоритмы оценивания   | 4                    |                     |             |             | 5            |
| Тема 1.4. Байесовские алгоритмы оценивания.  | 2                    |                     | 2           |             | 5            |
| Раздел 2. Основы теории фильтрации случайных последовательностей.  |                      |                     |             |             |              |
| Тема 2.1. Случайные последовательности   | 2                    |                     | 4           |             | 10           |
| Тема 2.2. Оптимальные линейные алгоритмы фильтрации случайных последовательностей  | 4                    |                     |             |             | 9            |
| Тема 2.3. Рекуррентные оптимальные байесовские алгоритмы фильтрации случайных последовательностей.                       | 4                    |                     | 4           |             | 9            |
| Тема 2.4. Задача сглаживания и алгоритм ее решения   | 4                    |                     |             |             | 9            |
| Тема 2.5 Задачи фильтрации и сглаживания случайных последовательностей при комплексной обработке навигационных измерений | 8                    |                     |             |             | 26           |
| Итого в семестре:  | 34                   |                     | 17          |             | 93           |
| Итого:   | 34                   | 0                   | 17          | 0           | 93           |

#### 4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

| Номер раздела | Название и содержание разделов и тем лекционных занятий   |
|---------------|---|
| 1             | <p align="center"><b>Раздел 1. Основы теории оценивания</b></p> <p>Тема 1.1. Примеры и постановки задач оценивания постоянных параметров при обработке информации</p> <p>Оценивание коэффициентов полинома. Задача выставки инерциальной вертикали, простейший случай. Постановка линейной задачи оценивания. Определение временного запаздывания реализаций. Определение координат по измерениям дальностей до точечных ориентиров. Определение координат и скорости по спутниковым данным. Постановка нелинейной задачи оценивания и ее линеаризация. Задача комплексной обработки избыточных измерений.</p> <p>Тема 1.2. Алгоритмы оценивания на основе минимизации наблюдаемых критериев. Метод наименьших квадратов</p> <p>Основные положения и постановка задачи метода наименьших квадратов. Общее решение линейной задачи. Точность оценивания метода наименьших квадратов. Взаимосвязь и сопоставление различных алгоритмов оценивания метода наименьших квадратов в линейном случае. Решение нелинейных задач оценивания. Линеаризованные и итерационные алгоритмы. Особенности существенно нелинейных задач оценивания.</p> <p>Тема 1.3. Небайесовские алгоритмы оценивания</p> <p>Основные положения и постановка задачи. Метод максимума правдоподобия. Общее решение линейной гауссовской задачи. Решение нелинейной гауссовской задачи.</p> <p>Тема 1.4. Байесовские алгоритмы оценивания</p> <p>Линейные оптимальные оценки, их свойства. Решение линейной гауссовской задачи в общем случае. Методы синтеза субоптимальных алгоритмов калмановского типа для решения нелинейных задач. Анализ эффективности субоптимальных алгоритмов.</p> |
| 2             | <p align="center"><b>Раздел 2. Основы теории фильтрации случайных последовательностей</b></p> <p>Тема 2.1. Случайные последовательности</p> <p>Определение случайной последовательности и ее описание. Стационарные случайные последовательности. Дискретный белый шум. Марковские последовательности. Формирующий фильтр. Динамика изменения матрицы ковариаций марковской последовательности.</p> <p>Тема 2.2. Оптимальные линейные алгоритмы фильтрации случайных последовательностей</p>  |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>Постановка и решение нерекуррентного оптимального линейного оценивания случайных последовательностей. Постановка задачи рекуррентной оптимальной линейной фильтрации случайных последовательностей. Фильтр Калмана для случайных последовательностей. Уравнения ошибок фильтра Калмана. Инновационная последовательность. Динамика изменения матрицы ковариаций и установившийся режим в задаче фильтрации. Наблюдаемость в задачах оценивания случайных последовательностей. Модификации дискретного фильтра Калмана.</p> <p>Тема 2.3 Рекуррентные оптимальные байесовские алгоритмы фильтрации случайных последовательностей</p> <p>Постановка и общее решение задачи рекуррентной оптимальной фильтрации случайных последовательностей. Рекуррентное соотношение для апостериорной плотности в линейной задаче фильтрации. Вывод соотношений для фильтра Калмана, свойства оптимальных оценок. Методы синтеза рекуррентных субоптимальных алгоритмов решения нелинейных задач фильтрации. Анализ эффективности субоптимальных алгоритмов решения нелинейных задач фильтрации случайных последовательностей.</p> <p>Тема 2.4 Задача сглаживания и алгоритм ее решения</p> <p>Типы задач сглаживания. Решение задачи сглаживания на закрепленном интервале. Соотношение задач фильтрации и сглаживания.</p> <p>Тема 2.5 Задачи фильтрации и сглаживания случайных последовательностей при комплексной обработке навигационных измерений</p> <p>Задачи фильтрации при комплексной обработке показаний систем, непосредственно измеряющих комплексные параметры. Задача фильтрации при коррекции показаний навигационной системы. Линеаризованный и нелинейный случаи. Задачи фильтрации при комплексной обработке показаний инерциальных и спутниковых систем. Задачи фильтрации при комплексной обработке показаний гравиметра, данных о высоте и вертикальной скорости.</p> |
|--|--|

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

| № п/п                           | Темы практических занятий | Формы практических занятий | Трудоемкость, (час) | № раздела дисциплины |
|---------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------|
| Учебным планом не предусмотрено |                           |                            |                     |                      |
| Всего:                          |                           |                            |                     |                      |



#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

| № п/п     | Наименование лабораторных работ  | Трудоемкость, (час) | № раздела дисциплины |
|-----------|--|---------------------|----------------------|
| Семестр 9 |  |                     |                      |
| 1         | Вводное занятие  | 1                   | 1                    |
| 2         | Моделирование случайных величин и векторов и определение их статистических характеристик | 4                   | 1                    |
| 3         | Методы оценивания постоянных параметров наблюдаемых сигналов                             | 4                   | 1                    |
| 4         | Моделирование стационарных случайных последовательностей                                 | 4                   | 2                    |
| 5         | Оптимальная фильтрация случайных последовательностей                                     | 4                   | 2                    |
| Всего:    |  | 17                  |                      |

#### 4.5. Курсовое проектирование (работа)

Учебным планом не предусмотрено

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

| Вид самостоятельной работы                        | Всего, час | Семестр 9, час |
|---|------------|----------------|
| 1   | 2          | 3              |
| <b>Самостоятельная работа, всего</b>              | 93         | 93             |
| изучение теоретического материала дисциплины (ТО) | 70         | 70             |
| курсовое проектирование (КП, КР)                  |            |                |
| расчетно-графические задания (РГЗ)                |            |                |
| выполнение реферата (Р)                           |            |                |
| Подготовка к текущему контролю (ТК)               | 23         | 23             |
| домашнее задание (ДЗ)                             |            |                |
| контрольные работы заочников (КРЗ)                |            |                |

## 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю);

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы студентов указаны в п.п. 7-11.

## 6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень печатных и электронных учебных изданий

| Шифр                     | Библиографическая ссылка / URL адрес  | Количество экземпляров в библиотеке |
|--------------------------|---|-------------------------------------|
| <b>519.1/2<br/>С 79</b>  | Степанов О.А. Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации: учебное пособие. Ч. 1: Введение в теорию оценивания / Гос. науч. центр РФ - Центр. науч.- исслед. ин.-т "Электроприбор", С.-Петерб. гос. ун-т технологии, механики и оптики. - СПб.: ГНЦ РФ - ЦНИИ "Электроприбор", 2009. - 496 с.              | 15                                  |
| <b>519.1/2<br/>С 79</b>  | Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации [Текст] : учебное пособие. Ч. 2. Введение в теорию фильтрации / О. А. Степанов ; Гос. науч. центр РФ ЦНИИ "Электроприбор", С.-Петерб. гос. нац. исслед. ун-т информ. технологий, механики и оптики. - СПб. : Изд-во ГНЦ РФ - ЦНИИ "Электроприбор", 2012. - 417 | 19                                  |
| <b>621.396.9<br/>С79</b> | Степанов О.А. Применение теории нелинейной фильтрации в задачах обработки навигационной информации: монография / Гос. науч. центр РФ - Центр. науч.- исслед. ин.-т "Электроприбор". - 3-е изд.. - СПб.: ГНЦ РФ - ЦНИИ "Электроприбор", 2003. - 370 с  | 10                                  |
| <b>519.1/2<br/>М 74</b>  | Моделирование и фильтрация случайных процессов: методические указания к выполнению лабораторных работ / С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения ; сост.: А. В. Лопарев, О. А. Степанов. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2011. - 19 с.  | 84                                  |
| <b>629.7<br/>Б12</b>     | Обработка информации в навигационных комплексах [Текст] / О. А.Бабич. - науч. изд. - М. : Машиностроение, 1991. - 511 с   | 9                                   |
| <b>621.391<br/>В17</b>   | Теория обнаружения, оценок и модуляции [Текст]: в 4 т. / Г. Ван Трис. - М. : Сов. радио, 1972 - 1977.<br><b>Т. 1</b> : Теория обнаружения, оценок и линейной модуляции / Ред. В. И. Тихонов. - 1972. - 744 с.   | 19                                  |

|                     |   |   |
|---------------------|---|---|
| <b>006<br/>М 64</b> | Алгоритмы оценивания результата трех измерений [Текст] / Л. А. Мироновский, В. А. Слаев. - СПб. : Проффессионал, 2010. - 192 с. | 2 |
|---------------------|---|---|

## 7.

### 7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ

| URL адрес   | Наименование   |
|---|--|
| <a href="http://www.math.spbu.ru/user/gran/papers/POSOB1.pdf">http://www.math.spbu.ru/user/gran/papers/POSOB1.pdf</a> | Введение в методы стохастической оптимизации и оценивания / О.Н. Граничин: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2003. – 131 с. |

## 8. Перечень информационных технологий

### 8.1. Перечень программного обеспечения

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

| № п/п | Наименование |
|-------|--------------|
|       | ПО Матлаб    |

### 8.2. Перечень информационно-справочных систем

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

| № п/п | Наименование     |
|-------|------------------|
|       | Не предусмотрено |

## 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

| № п/п | Наименование составной части материально-технической базы | Номер аудитории |
|-------|---|-----------------|
| 1     | Лекционная аудитория                                      | 13-03а          |
| 2     | Мультимедийная лекционная аудитория                       | 13-04           |
| 3     | Дисплейный класс  | 13-03б          |

## 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

10.1. Состав оценочных средств приведен в таблице 13

Таблица 13 - Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

| Вид промежуточной аттестации | Примерный перечень оценочных средств |
|------------------------------|--------------------------------------|
| Экзамен                      | Список вопросов к экзамену           |

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

| Оценка компетенции               | Характеристика сформированных компетенций   |
|----------------------------------|---|
| 5-балльная шкала                 |   |
| «отлично»<br>«зачтено»           | <ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul> |
| «хорошо»<br>«зачтено»            | <ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>  |
| «удовлетворительно»<br>«зачтено» | <ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>                 |

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| Оценка компетенции                    | Характеристика сформированных компетенций   |
| 5-балльная шкала                      |   |
| «неудовлетворительно»<br>«не зачтено» | <ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul> |

### 10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы:

Вопросы (задачи) для экзамена (таблица 15)

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

| № п/п | Перечень вопросов (задач) для экзамена  | Код индикатора  |
|-------|---|---|
| 1     | Постановка задачи оценивания коэффициентов полинома   | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,<br>ПК-4.У.1,<br>ПК-4.В.1,<br>ПК-7.У.1,<br>ПК-7.В.1 |
| 2     | Постановка задачи выставки инерциальной вертикали   | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,<br>ПК-4.У.1,<br>ПК-4.В.1,<br>ПК-7.У.1,<br>ПК-7.В.1 |
| 3     | Общая постановка линейной задачи оценивания   | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,  |
| 4     | Постановка задачи определения временного запаздывания реализаций. Задача определения параметров гармонического сигнала                          | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,<br>ПК-4.У.1,<br>ПК-4.В.1,<br>ПК-7.У.1,<br>ПК-7.В.1 |
| 5     | Постановка задачи определения координат по измерениям дальностей до точечных ориентиров. Определение координат и скорости по спутниковым данным | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,<br>ПК-4.У.1,<br>ПК-4.В.1,<br>ПК-7.У.1,<br>ПК-7.В.1 |
| 6     | Общая постановка нелинейной задачи оценивания и ее линеаризация   | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,  |
| 7     | Постановка задачи комплексной обработки избыточных измерений  | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,  |

|    |   |   |
|----|---|---|
| 8  | Основные положения и постановка задачи метода наименьших квадратов. Общее решение линейной задачи. Точность оценивания метода наименьших квадратов              | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,  |
| 9  | Взаимосвязь и сопоставление различных алгоритмов оценивания метода наименьших квадратов в линейном случае   | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,<br>ПК-4.У.1,<br>ПК-4.В.                          |
| 10 | Решение нелинейных задач оценивания методом наименьших квадратов. Линеаризованные и итерационные алгоритмы. Особенности существенно нелинейных задач оценивания | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,<br>ПК-4.У.1,<br>ПК-4.В.<br>ПК-7.У.1,<br>ПК-7.В.1 |
| 11 | Небайесовские алгоритмы оценивания. Метод максимума правдоподобия   | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,<br>ПК-4.У.1,<br>ПК-4.В. 1.                       |
| 12 | Линейные байесовские оценки, их свойства. Решение линейной гауссовской задачи в общем случае  | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,<br>ПК-4.У.1,<br>ПК-4.В.1.                        |
| 13 | Методы синтеза субоптимальных алгоритмов калмановского типа для решения нелинейных задач. Анализ эффективности субоптимальных алгоритмов                        | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,<br>ПК-4.У.1,<br>ПК-4.В.                          |
| 14 | Определение случайной последовательности и ее описание. Стационарные и эргодические случайные последовательности  | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,<br>ПК-4.У.1,<br>ПК-4.В.                          |
| 15 | Типовые случайные последовательности  | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,<br>ПК-4.У.1,<br>ПК-4.В.<br>ПК-7.У.1,<br>ПК-7.В.1 |
| 16 | Формирующие фильтры. Динамика изменения матрицы ковариаций марковской последовательности  | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,<br>ПК-4.У.1,<br>ПК-4.В.                          |
| 17 | Постановка и решение нерекуррентного оптимального линейного оценивания случайных последовательностей  | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,  |

|    |   |   |
|----|---|---|
|    |   | ПК-4.У.1,<br>ПК-4.В.<br>ПК-7.У.1,<br>ПК-7.В.1   |
| 18 | Постановка задачи рекуррентной оптимальной линейной фильтрации случайных последовательностей  | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,<br>ПК-4.У.1,<br>ПК-4.В.<br>ПК-7.У.1,<br>ПК-7.В.1   |
| 19 | Фильтр Калмана для случайных последовательностей. Уравнения ошибок фильтра Калмана. Инновационная последовательность  | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,<br>ПК-4.У.1,<br>ПК-4.В.<br>ПК-7.У.1,<br>ПК-7.В.1   |
| 20 | Динамика изменения матрицы ковариаций и установившийся режим в задаче фильтрации. Наблюдаемость в задачах оценивания случайных последовательностей. Модификации дискретного фильтра Калмана | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,<br>ПК-4.У.1,<br>ПК-4.В. 1.                         |
| 21 | Постановка и общее решение задачи рекуррентной оптимальной фильтрации случайных последовательностей   | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,<br>ПК-4.У.1,<br>ПК-4.В.<br>ПК-7.У.1,<br>ПК-7.В.1   |
| 22 | Методы синтеза рекуррентных субоптимальных алгоритмов решения нелинейных задач фильтрации. Анализ эффективности субоптимальных алгоритмов   | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,<br>ПК-4.У.1,<br>ПК-4.В.<br>ПК-7.У.1,<br>ПК-7.В.1   |
| 23 | Задача сглаживания случайных последовательностей. Решение задачи сглаживания на закрепленном интервале. Сопоставление задач фильтрации и сглаживания  | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,  |
| 24 | Задача фильтрации при коррекции показаний навигационной системы   | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,<br>ПК-4.У.1,<br>ПК-4.В.1.<br>ПК-7.У.1,<br>ПК-7.В.1 |
| 25 | Задачи фильтрации при комплексной обработке показаний инерциальных и спутниковых систем   | ОПК-6.3.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,<br>ПК-4.У.1,                                       |

|    |   |   |
|----|---|---|
|    |   | ПК-4.В.1.<br>ПК-7.У.1,<br>ПК-7.В.1  |
| 26 | Задачи фильтрации при комплексной обработке показаний гравиметра, данных о высоте и вертикальной скорости | ОПК-6.З.1,<br>ОПК-6.У.1,<br>ОПК-6.В.1,<br>ПК-4.У.1,<br>ПК-4.В.<br>ПК-7.У.1,<br>ПК-7.В.1 |

Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета (таблица 16)

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

| № п/п | Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета | Код индикатора |
|-------|---|----------------|
|       | Учебным планом не предусмотрено                     |                |

Темы и задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта (таблица 17)

Таблица 17 – Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта

| № п/п | Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта |
|-------|--|
|       | Учебным планом не предусмотрено  |

Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании (таблица 18)

Таблица 18– Примерный перечень вопросов для тестов

| № п/п | Примерный перечень вопросов для тестов | Код индикатора |
|-------|--|----------------|
|       | Не предусмотрено                       |                |

Контрольные и практические задачи / задания по дисциплине (таблица 19)

Таблица 19 – Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий

| № п/п | Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий |
|-------|---|
|       | Не предусмотрено  |

10.4.Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.



## **11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

### **11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала**

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимся лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально–деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

- изложение теоретических вопросов, связанных с рассматриваемой темой;
- описание методов и алгоритмов, применяемых в современной теории фильтрации;
- демонстрация примеров решения задач анализа и синтеза алгоритмов обработки информации в системах навигации и управления;
- обобщение изложенного материала;
- ответы на возникающие вопросы по теме лекции.

### **11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению лабораторных работ**

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач у обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;

- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

#### **Задание и требования к проведению лабораторных работ**

Вариант задания по каждой лабораторной работе обучающийся получает в соответствии с номером в списке группы. Перед проведением лабораторной работы обучающемуся следует внимательно ознакомиться с методическими указаниями по ее выполнению. В соответствии с заданием обучающийся должен подготовить необходимые данные, получить от преподавателя допуск к выполнению лабораторной работы, выполнить указанную последовательность действий, получить требуемые результаты, оформить и защитить отчет по лабораторной работе.

#### **Структура и форма отчета о лабораторной работе**

Отчет о лабораторной работе должен включать: титульный лист, формулировку задания, теоретические положения, используемые при выполнении лабораторной работы, описание процесса выполнения лабораторной работы, полученные результаты и выводы.

#### **Требования к оформлению отчета о лабораторной работе**

По каждой лабораторной работе выполняется отдельный отчет. Титульный лист оформляется в соответствии с шаблоном (образцом) приведенным на сайте ГУАП ([www.guar.ru](http://www.guar.ru)) в разделе «Сектор нормативной документации». Текстовые и графические материалы оформляются в соответствии с действующими ГОСТами и требованиями, приведенными на сайте ГУАП ([www.guar.ru](http://www.guar.ru)) в разделе «Сектор нормативной документации».

Методические указания по выполнению лабораторных работ:

Моделирование и фильтрация случайных процессов [Текст] : методические указания к выполнению лабораторных работ / С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения ; сост.: А. В. Лопарев, О. А. Степанов. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2011. - 19 с. - Библиогр.: с. 15 (6 назв.). - Б. ц.

### **11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы**

В ходе выполнения самостоятельной работы обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В процессе выполнения самостоятельной работы у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся, являются учебно-методические материалы по дисциплине.

#### **11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов в форме экзамена с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

## Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

| Дата внесения изменений и дополнений.<br>Подпись внесшего изменения | Содержание изменений и дополнений | Дата и № протокола заседания кафедры | Подпись зав. кафедрой |
|---|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
|   |                                   |                                      |                       |
|   |                                   |                                      |                       |
|   |                                   |                                      |                       |
|   |                                   |                                      |                       |
|   |                                   |                                      |                       |