

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: Директор департамента образования  
Дата подписания: 01.06.2021 15:26:42  
Уникальный программный ключ:  
1cb4f9edcd6d31e931c556ddefa3b376a443365a5419cb3e3965cc668ec8658b



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный Электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)



УТВЕРЖДАЮ

Директор департамента образования

С.А. Галунин

«31» августа 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

ДИСЦИПЛИНЫ

«МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ»

для подготовки магистров

по направлению

20.04.01 «ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»

по программе

«Инженерная защита окружающей среды»

Санкт-Петербург

2020

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчик

д.т.н., профессор



А.М. Боронахин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЛИНС

25.05.2020, протокол № 4

Заведующий кафедрой ЛИНС

д.т.н., профессор



Ю.В. Филатов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией

ФИБС, 31.08.2020, протокол № 10

Председатель УМК ФИБС

к.т.н., доцент



В.А. Буканин

**Согласовано:**

Начальник ОМОЛА



О.В. Загороднюк

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФИБС
Обеспечивающая кафедра	ЛИНС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	3
Курс	1
Семестр	1
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	17
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	52
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	56
Всего (академ. часов)	108
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Экзамен (курс)	1

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ»**

В дисциплине рассматриваются вопросы теории построения алгоритмов обработки измерительной информации и их исследования на основе теории оценивания и фильтрации с использованием методов моделирования и имеет своей целью приобретение знаний и навыков, необходимых для основной профессиональной деятельности магистра.

### **SUBJECT SUMMARY**

### **«METHODS FOR PROCESSING OF MEASUREMENT INFORMATION»**

The discipline deals with the theory of building algorithms measuring information and research based on the theory of estimation and filtering with the use of modeling techniques and seeks to acquire knowledge and skills needed to master the basic professional activities.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Получение знания об основных положениях информационно-измерительных технологий, построение на их основе алгоритмов обработки показаний приборов и устройств, анализ их точностных характеристик.
2. Формирование умения проектирования и использования методов обработки измерительной информации; навыков экспериментальных исследований основных характеристик приборов и устройств.
3. Освоение навыков экспериментальных исследований основных характеристик приборов и устройств.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе знаний, полученных при освоении программы бакалавриата или специалитета.

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Информационные технологии в природоохранной деятельности»
2. «Методы обработки и анализа больших массивов информации в интересах решения задач техносферной безопасности»
3. «Системы компьютерной математики в экологических инженерных расчётах»

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-3	Готов анализировать состояние научно-технической проблемы и определять цели и задачи инженерной защиты окружающей среды
<i>ПК-3.1</i>	<i>Анализирует состояние научно-технической проблемы и определяет цели и задачи проектирования приборов и оборудования для контроля соблюдения нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении производственной деятельности организации</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение.	1	0		1
2	Случайные величины и векторы, а также методы их описания.	2	4		6
3	Алгоритмы оценивания на основе минимизации наблюдаемых критериев. Метод наименьших квадратов.	2	5		8
4	Оптимальные в среднеквадратическом смысле линейные алгоритмы оценивания.	2	5		8
5	Комплексная обработка данных от двух измерителей.	2	5		8
6	Типовые случайные процессы, используемые в задачах обработки измерительной информации и методы их описания.	2	5		8
7	Постановка и решение задачи фильтрации случайных последовательностей. Дискретный фильтр Калмана.	2	5		8
8	Решение задач фильтрации при обработке измерительной информации.	2	5		8
9	Заключение.	2	0	1	1
	Итого, ач	17	34	1	56
	Из них ач на контроль	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	108/3			

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение.	Предмет и содержание курса. Связь данной дисциплины с другими дисциплинами, изучаемыми в университете. Основная и дополнительная литература по курсу.
2	Случайные величины и векторы, а также методы их описания.	Случайная величина, вероятность, функция распределения вероятностей, функция плотности распределения вероятности. Равномерное распределение, распределение Рэлея, математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратическое отклонение, стандартное отклонение, моменты случайных величин. Пространства и поверхности положения. Фундаментальные и градиентные матрицы. Оптимизация поверхностей положения.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
3	Алгоритмы оценивания на основе минимизации наблюдаемых критериев. Метод наименьших квадратов.	Постановка задачи оценивания с использованием наблюдаемых критериев. Система нормальных уравнений. Алгоритм решения линейной задачи оценивания с использованием МНК. Обобщенный и модифицированный методы наименьших квадратов. Уравнения для ошибок. Примеры.
4	Оптимальные в среднеквадратическом смысле линейные алгоритмы оценивания.	Выражения для матриц ковариаций МНК и его модификаций. Постановка задачи получения оптимальной в среднеквадратическом смысле линейной оценки. Необходимые и достаточные условия оптимальности, выражения для матрицы ковариаций ошибок оценивания. Примеры.
5	Комплексная обработка данных от двух измерителей.	Постановка простейшей задачи комплексной (совместной) обработки данных от двух измерителей. Два варианта получения оценок методом максимума правдоподобия. Инвариантный и неинвариантный алгоритмы оценивания.
6	Типовые случайные процессы, используемые в задачах обработки измерительной информации и методы их описания.	Случайные константы. Квазидетерминированные (псевдослучайные) процессы. Винеровские процессы. Линейный тренд. Интегралы от белого шума. Экспоненциально-коррелированный процесс. Узкополосные марковские процессы второго порядка, их корреляционная функция, спектральная плотность и формирующие фильтры.
7	Постановка и решение задачи фильтрации случайных последовательностей. Дискретный фильтр Калмана.	Постановка дискретной задачи фильтрации. Уравнения дискретного фильтра Калмана. Оценочный и ковариационный каналы фильтра Калмана. Коэффициент усиления и формулы его вычисления. Ошибки фильтрации и их свойства. Примеры решения задач фильтрации.
8	Решение задач фильтрации при обработке измерительной информации.	Процедура получения дискретного аналога задачи непрерывной фильтрации. Примеры дискретизации. Примеры решения задач фильтрации при обработке измерительной информации.
9	Заключение.	Примеры построения интегрированных комплексов в различных областях науки и техники.

## 4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

## 4.3 Перечень практических занятий



<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
1. Определение выборочных характеристик случайного процесса.	4
2. Проверка гипотезы об одномерном нормальном распределении случайного процесса.	12
3. Расчет значений корреляционной функции случайного процесса.	6
4. Проверка гипотезы о стационарности случайного процесса по отношению к дисперсии.	4
5. Проверка гипотезы о стационарности случайного процесса по отношению к математическому ожиданию.	4
6. Проверка гипотезы об эргодичности случайного процесса.	4
Итого	34

#### **4.4 Курсовое проектирование**

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### **4.5 Реферат**

Реферат не предусмотрен.

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

В рамках выполнения индивидуального домашнего задания студент получает массив измерительных данных и должен применить к нему алгоритмы, изученные в рамках курса:

1. Определение промахов в результатах наблюдений.
2. Определение выборочных характеристик случайного процесса.
3. Проверка гипотезы об одномерном нормальном распределении случайного процесса по критерию асимметрии и эксцесса.
4. Проверка гипотезы об одномерном нормальном распределении случайного процесса по критерию хи-квадрат (критерий К. Пирсона).
5. Проверка гипотезы об одномерном нормальном распределении случайного процесса по критерию Колмогорова.
6. Расчет значений корреляционной функции случайного процесса.

7. Проверка гипотезы о стационарности случайного процесса по отношению к дисперсии.
8. Проверка гипотезы о стационарности случайного процесса по отношению к математическому ожиданию.
9. Проверка гипотезы об эргодичности случайного процесса.

Алгоритмы должны быть реализованы студентом посредством любого современного математического пакета (MatLab, Python, R и т.д.).

По результатам выполнения ИДЗ студентом представляется отчёт. Содержимое отчёта:

1. титульный лист (по шаблону «Индивидуальное домашнее задание»)
2. листинг исходного кода программы
3. результаты (вывод) работы программы
4. полученные графики:
  - проверка по критерию Пирсона
  - проверка по критерию Колмогорова
  - корреляционная функция случайного процесса
  - эргодичность стационарного процесса

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и ин-

формационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Самостоятельное изучение студентами теоретических основ дисциплины обеспечено необходимыми учебно-методическими материалами (учебники, учебные пособия, конспект лекций и т.п.), выполненными в печатном или электронном виде.

По каждой теме содержания рабочей программы предусмотрены индивидуальные домашние задания.

Изучение студентами дисциплины сопровождается проведением регулярных консультаций преподавателей, обеспечивающих практические занятия по дисциплине, за счет бюджета времени, отводимого на консультации (внеаудиторные занятия, относящиеся к разделу «Самостоятельные часы для изучения дисциплины»).

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	10
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	1
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	5
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	40
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	0
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	0
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>56</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Гупалов, Валерий Иванович. Инерциальные методы и средства определения параметров движения объектов [Текст] : учеб. пособие / В.И. Гупалов, А.В. Мочалов, А.М. Боронахин, 2000. -83 с.	неогр.
2	Матвеев, Валерий Владимирович. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. 200100 -"Приборостроение" / В.В. Матвеев, В.Я. Распопов ; под общ. ред. В.Я. Распопова, 2009. -278 с.	15
3	Метрология, стандартизация и сертификация [Текст] : учеб. для вузов по направлению подгот. "Приборостроение", "Оптотехника" / [Б.Я. Авдеев [и др.]] ; под ред. В.В. Алексеева, 2007. -379 с.	1491
4	Цветков, Эрик Иванович. Основы математической метрологии [Текст] / Э.И. Цветков, 2005. -511 с.	50
Дополнительная литература		
1	Ривкин, Самуил Симонович. Статистическая оптимизация навигационных систем [Текст] / С. С. Ривкин, Р. И. Ивановский, А. В. Костров, 1976. -279, [1] с.	9

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	<a href="https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/4369-kolmogorov-distribution-functions">https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/4369-kolmogorov-distribution-functions</a>
2	<a href="http://rtlam.blogspot.com/p/tabellen.html">http://rtlam.blogspot.com/p/tabellen.html</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=6047>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Методы обработки измерительной информации» формой промежуточной аттестации является экзамен.

#### Экзамен

<b>Оценка</b>	<b>Описание</b>
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

## Особенности допуска

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все ИДЗ.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Примерные вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Случайная величина, вероятность, функция распределения вероятностей, функция плотности распределения вероятности.
2	Равномерное распределение, распределение Рэлея, математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратическое отклонение, стандартное отклонение, моменты случайных величин.
3	Пространства и поверхности положения. Фундаментальные и градиентные матрицы. Оптимизация поверхностей положения.
4	Постановка задачи оценивания с использованием наблюдаемых критериев. Система нормальных уравнений.
5	Алгоритм решения линейной задачи оценивания с использованием МНК.
6	Обобщенный и модифицированный методы наименьших квадратов. Уравнения для ошибок.
7	Выражения для матриц ковариаций МНК и его модификаций.
8	Постановка задачи получения оптимальной в среднеквадратическом смысле линейной оценки.
9	Необходимые и достаточные условия оптимальности, выражения для матрицы ковариаций ошибок оценивания.
10	Постановка простейшей задачи комплексной (совместной) обработки данных от двух измерителей.
11	Два варианта получения оценок методом максимума правдоподобия. Инвариантный и неинвариантный алгоритмы оценивания.
12	Случайные константы. Квазидетерминированные (псевдослучайные) процессы. Винеровские процессы.
13	Линейный тренд. Интегралы от белого шума. Экспоненциально-коррелированный процесс.
14	Узкополосные марковские процессы второго порядка, их корреляционная функция, спектральная плотность и формирующие фильтры.
15	Постановка дискретной задачи фильтрации.
16	Уравнения дискретного фильтра Калмана.
17	Оценочный и ковариационный каналы фильтра Калмана.
18	Коэффициент усиления и формулы его вычисления.
19	Ошибки фильтрации и их свойства.

## Форма билета

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

---

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина **Методы обработки измерительной информации** ФИБС

1. Выражения для матриц ковариаций МНК и его модификаций.
2. Уравнения дискретного фильтра Калмана.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Ю.В. Филатов

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3



### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
1	Введение.	ИДЗ
2	Случайные величины и векторы, а также методы их описания.	
3		ИДЗ
4		
5	Алгоритмы оценивания на основе минимизации наблюдаемых критериев. Метод наименьших квадратов.	
6		ИДЗ
7		
8	Оптимальные в среднеквадратическом смысле линейные алгоритмы оценивания.	ИДЗ
9	Комплексная обработка данных от двух измерителей.	
10		ИДЗ
11	Типовые случайные процессы, используемые в задачах обработки измерительной информации и методы их описания.	
12		ИДЗ
13	Постановка и решение задачи фильтрации случайных последовательностей. Дискретный фильтр Калмана.	
14		ИДЗ
15	Решение задач фильтрации при обработке измерительной информации.	
16		ИДЗ
17	Заключение.	ИДЗ

### 6.4 Методика текущего контроля

#### *Методика текущего контроля на лекционных занятиях*

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 80% занятий).

#### *Методика текущего контроля на практических занятиях*

Текущий контроль включает в себя выполнение 9 индивидуальных домашних заданий, оценка за которые по четырехбалльной шкале выставляется по следующим критериям:

«отлично» - вопрос раскрыт полностью, задача решена правильно;

«хорошо» - вопрос раскрыт не полностью, задача решена частично;

«удовлетворительно» - в ответе на вопрос имеются существенные ошибки; задача не решена или решена неправильно, ход решения правильный;

«неудовлетворительно» - отсутствует ответ на вопрос или содержание ответа не совпадает с поставленным вопросом, задача не решена, ход решения неправильный.

Совокупность оценок, полученных студентом в результате контрольных мероприятий, учитывается преподавателем при проведении промежуточной аттестации в форме экзамена. При этом оценка по результатам текущего контроля составляет 60% от общей итоговой оценки, экзаменационная – 40%.

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

#### *Методика текущего контроля самостоятельной работы студентов*

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, маркерная или меловая доска.	
Практические занятия	Компьютерный класс	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя. Компьютеры или ноутбуки.	1) Офисный пакет (MS Word, LibreOffice, LaTeX или др.) 2) Среда математической обработки данных (MatLab, R, Python или др.)
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Офисный пакет (MS Word, LibreOffice, LaTeX или др.) 2) Среда математической обработки данных (MatLab, R, Python или др.)

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>