

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 27.07.2022 12:30:40  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Автономные интеллектуальные  
системы»



**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»)»**

---

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМИ СИСТЕМАМИ»**

**для подготовки магистров**

**по направлению**

**09.04.04 «Программная инженерия»**

**по программе**

**«Автономные интеллектуальные системы»**

Санкт-Петербург

2021

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

проректор по цифровой трансформации, к.т.н., доцент Кринкин К.В.  
ассистент Филатов А.Ю.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МОЭВМ  
07.09.2021, протокол № 7

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФКТИ, 16.09.2021, протокол № 6

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФКТИ
Обеспечивающая кафедра	МОЭВМ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	4
Курс	1
Семестр	1
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	17
Практические занятия (академ. часов)	17
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	35
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	109
Всего (академ. часов)	144
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Экзамен (курс)	1

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМИ СИСТЕМАМИ»**

Автономные системы, являющиеся объектом изучения этой дисциплины, -это подвижные роботы, решающие сервисные задачи. Инженеры, разрабатывающие таких роботов, предоставляют интерфейс для низкоуровневого управления системами, поэтому программирование движения по нестандартным траекториям лежит на пользователе. В рамках этой дисциплины рассматриваются способы построения физической траектории движения, особенности алгоритмов управления автономными системами, а также принципы устройства симуляторов.

### **SUBJECT SUMMARY**

### **«FUNDAMENTALS OF THE THEORY OF AUTONOMOUS SYSTEMS CONTROL»**

Autonomous systems, which are the subject of this discipline, are mobile robots that solve service problems. Engineers developing such robots provide an interface for low-level control of systems, so the programming of motion along non-standard trajectories lies with the user. Within the framework of this discipline, methods of constructing a physical trajectory of movement, features of algorithms for controlling autonomous systems, as well as the principles of a simulator are considered.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Сформировать у обучающихся знания, умения и навыки обоснованного и результативного применения алгоритмов управления автономными системами.
2. Обучить применению существующих алгоритмов теории управления, а также освоению новых методов и алгоритмов управления автономными системами.
3. Дать знания о существующих методах и алгоритмах управления автономными системами.
4. Дать умения разрабатывать алгоритмы управления автономными системами и применять методы компьютерного зрения для управления автономными системами.
5. Привить навыки разработки и анализа методов управления автономными системами.

### **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. «Алгоритмы беспилотного транспорта»
2. «Математические методы распознавания образов»
3. «SLAM-алгоритмы»
4. «Стандартизация систем на базе искусственного интеллекта»

### 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-10	Способен исследовать и разрабатывать архитектуры систем искусственного интеллекта для различных предметных областей на основе комплексов методов и инструментальных средств систем искусственного интеллекта
<i>ПК-10.1</i>	<i>Выбирает комплексы методов и инструментальных средств искусственного интеллекта для решения задач в зависимости от особенностей предметной области</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	0.5			
2	Тема 1. Основные законы движения физического тела	2	2		14
3	Тема 2. Прямая и обратная кинематика	2	3		14
4	Тема 3. Регуляторы для движения по траектории	4	4		14
5	Тема 4. Функция Ляпунова	4	4		16
6	Тема 5. Системы управления движением робота	4	4		16
7	Заключение	0.5		1	35
	Итого, ач	17	17	1	109
	Из них ач на контроль	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	144/4			

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Проблемы и задачи при управлении автономными системами. Линейные и нелинейные автономные системы. Простейшие примеры управления линейными системами.
2	Тема 1. Основные законы движения физического тела	Степени свободы движения роботов. Матрицы поворота и смещения. Экспоненциальные координаты вращения. Однородные матрицы преобразования, экспоненциальные координаты движения твердого тела.
3	Тема 2. Прямая и обратная кинематика	Кинематика скорости с использованием пространственного якобиана и якобиана тела, статика открытых цепей, особенности и манипулируемость. Аналитическая и численная обратная кинематика.
4	Тема 3. Регуляторы для движения по траектории	PID-регулятор, адаптивный регулятор. Нечёткий регулятор. Достоинства, недостатки и области применения.
5	Тема 4. Функция Ляпунова	Функция Ляпунова, как инструмент решения дифференциальных уравнений. Использование Функции Ляпунова для построения физической траектории для линейных систем. Преимущества и недостатки управления при помощи функции Ляпунова.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
6	Тема 5. Системы управления движением робота	Планирование движения на дискретизированной сетке C-пространства. Средства планирования на основе случайной выборки. Виртуальные потенциальные поля и нелинейная оптимизация. Системы с обратной связью.
7	Заключение	Потенциал применения аналитических и численных методов управления. Аппроксимация и интерполяция траекторий.

#### 4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

#### 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Прямая и обратная кинематика линейной системы	4
2. PID регулятор	4
3. Движение линейной системы по траектории, построенной при помощи функции Ляпунова	4
4. Движение нелинейной системы по траектории, построенной при помощи функции Ляпунова	5
Итого	17

#### 4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### 4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

#### 4.6 Индивидуальное домашнее задание

ИДЗ состоит в работе с симулятором, а также в проведении аналитических вычислений траектории движения.

Задача в ИДЗ - построить траекторию движения по заданным данным начала



траектории и конца.

Оценивание ИДЗ происходит комплексно, по результатам ставится оценка по четырехбалльной шкале, которая впоследствии влияет на допуск к экзамену. Критерии оценивания приведены в разделе 6.4 Методика текущего контроля.

#### **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 информационными 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.

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	44
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	30
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	35
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>109</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	Пантелеев, Андрей Владимирович. Теория управления в примерах и задачах [Текст] : Учеб. пособие для вузов / А.В. Пантелеев, А.С. Бортакоский, 2003. -583 с.	55
2	Пошехонов, Леонид Борисович. Основы теории управления. Линейные непрерывные системы [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлениям 550200, 651900 -"Автоматизация и управление" подгот. бакалавров, магистров и дипломир. специалистов / Л.Б. Пошехонов, 2006. -91 с.	141
Дополнительная литература		
1	Кочетков, Владимир Петрович. Основы теории управления [Текст] : учеб. пособие для вузов по специальности 140604-"Электропривод и автоматика промышл. установок и технол. комплексов" направления подгот. 140600 -"Электротехника, электромеханика и электротехнологии" : соответствует Фед. гос. образоват. стандарту (третьего поколения) / В. П. Кочетков, 2012. -411 с.	25

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

№ п/п	Электронный адрес
1	Теория управления. Дополнительные главы - <a href="https://www.ipu.ru/sites/default/files/page_file/">https://www.ipu.ru/sites/default/files/page_file/</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=7545>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Основы теории управления автономными системами» формой промежуточной аттестации является экзамен.

#### Экзамен

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Выставляется студенту, продемонстрировавшему существенные пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий
Удовлетворительно	Выставляется студенту, продемонстрировавшему знание основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, предусмотренных программой, обладающему необходимыми знаниями, но допустившему неточности в ответах на аттестационном испытании и при выполнении учебных заданий
Хорошо	Выставляется студенту, продемонстрировавшему полное знание учебного материала, успешно выполнившему предусмотренные программой задачи, освоившему основную рекомендованную литературу, показавшему систематический характер знаний по дисциплине и способному к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебы и профессиональной деятельности
Отлично	Выставляется студенту, продемонстрировавшему всестороннее систематическое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, освоившему основную литературу и ознакомившемуся с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины, усвоившему взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала

## Особенности допуска

Студент допускается к экзамену по результатам текущего контроля успеваемости в соответствии с его графиком и методикой

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

### Примерные вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Законы движения физического тела. Голономное и неголономное движение
2	Прямая и обратная кинематика
3	Регуляторы движения по траектории. ПИД-регулятор, адаптивный регулятор, нечёткий регулятор
4	Функция Ляпунова. Ограничения применения и примеры
5	Виртуальные потенциальные поля и нелинейная оптимизация

### 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 **Основы теории управления автономными системами**

1. Голономное движение. Примеры, особенности, способы задания траектории с помощью дифференциальных уравнений
2. ПИД-регулятор. Границы применимости.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

К.В. Кринкин

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	Тема 1. Основные законы движения физического тела Тема 2. Прямая и обратная кинематика Тема 3. Регуляторы для движения по траектории	
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ
9	Тема 4. Функция Ляпунова Тема 5. Системы управления движением робота	
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ

### 6.4 Методика текущего контроля

#### на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

#### на практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), а также 2 контрольные точки в рамках ИДЗ, по результатам которых студент получает допуск на экзамен.

ИДЗ выдается студентам на 1-й неделе семестра, оценивается по четырехбалльной системе:

”Отлично” - использован правильный подход к решению задачи, дано пошаговое описание решения задачи, при защите студент дает правильные ответы на все вопросы.

”Хорошо” - использован правильный подход к решению задачи, при защите студент дает правильные ответы на большинство вопросов.

”Удовлетворительно” - использован подход к решению задачи, содержащий ошибки, не являющиеся грубыми, при защите студент дает правильные ответы не менее чем на половину вопросов.

”Неудовлетворительно” - использован подход к решению задачи, содержащий грубые ошибки, при защите студент дает правильные ответы менее чем на половину вопросов.

Студент допускается к экзамену, если за вторую контрольную точку получена оценка не ниже ”Удовлетворительно”.

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.

### **самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных, лабораторных 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, персональный компьютер IBM совместимый Pentium или выше, проектор, экран, меловая или маркерная доска	1) Windows 7 и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест, оборудованных компьютерами IBM совместимыми Pentium или выше, – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, проектор, экран, меловая или маркерная доска, персональный компьютер IBM совместимый Pentium или выше	1) Windows 7 и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
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) Windows 7 и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

## **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>