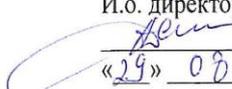


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора ИШИТР

 А.Ю. Демин

«29» 08 2022 г

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2022 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

| Основы теории управления автономными системами       |                                     |          |     |
|--|-------------------------------------|----------|-----|
| Направление подготовки/ специальность                | 09.04. 04 Программная инженерия     |          |     |
|  | Автономные интеллектуальные системы |          |     |
| Образовательная программа (направленность (профиль)) |                                     |          |     |
| Специализация  |                                     |          |     |
| Уровень образования                                  | высшее образование – магистратура   |          |     |
| Курс   | 1                                   | семестр  | 1   |
| Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)          | 4                                   |          |     |
| Виды учебной деятельности                            | Временной ресурс                    |          |     |
| Контактная (аудиторная) работа, ч                    | Лекции                              |          | 16  |
|  | Практические занятия                |          | 0   |
|  | Лабораторные занятия                |          | 32  |
|  | ВСЕГО                               |          | 48  |
|  | Самостоятельная работа, ч           |          | 96  |
|  |                                     | ИТОГО, ч | 144 |

| Вид промежуточной аттестации                                   | Экзамен   | Обеспечивающее подразделение | ОАР ИШИТР     |
|--|---|------------------------------|---------------|
| Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры |  |                              | Шерстнев В.С. |
|  | Руководитель ООП  |                              | Савельев А.О. |
| Преподаватель  |  |                              | Мамонова Т.Е. |

2022 г.

## **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/<br/>индикатора<br/>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. |

| <b>№ п/п</b> | <b>Наименование темы дисциплины</b>         | <b>Содержание</b>  |
|--------------|---|--|
| 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**

| <b>Наименование практических занятий</b>  | <b>Количество ауд. часов</b> |
|---|------------------------------|
| 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<br/>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">https://www</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<br>Тема 2. Прямая и обратная кинематика<br>Тема 3. Регуляторы для движения по траектории |                    |
| 2      |  |                    |
| 3      |  |                    |
| 4      |  |                    |
| 5      |  |                    |
| 6      |  |                    |
| 7      |  |                    |
| 8      |  | ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ |
| 9      | Тема 4. Функция Ляпунова<br>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;<br>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;<br>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;<br>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.