


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования


**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»  
(ПНИПУ)**

СОГЛАСОВАНО  
Генеральный директор  
ООО «Промобот»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по образовательной  
деятельности

  
/ Чугунов М.П. /  
« 25 » июля 2022 г.

  
/ А.Б. Петроченков  
« 25 » июля 2022 г.



**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ**

**«Разработчик встроенного программного обеспечения робототехнических  
устройств и роботизированных комплексов»**

**КВАЛИФИКАЦИЯ**

**«Инженер-программист робототехнических комплексов»**

Пермь – 2022

# **1. Общая характеристика программы**

## **1.1. Цель реализации программы**

Целью реализации программы является переподготовка слушателей через формирование и углубление дополнительных профессиональных компетенций по управлению мобильными робототехническими комплексами, а также их диагностике и текущему ремонту внешних и внутренних систем. В результате слушатели будут способны осуществлять трудовые функции: С/01.6 - Изменение параметров математической модели мобильного РТС, С/02.6 - Подготовка управляющей программы для мобильного РТС, С/03.6 - Интегрирование системы управления в блок управления мобильного РТС.

Осваиваемые компетенции соответствуют проектно-конструкторскому виду деятельности, определенному в стандарте 15.03.06 «Мехатроника и робототехника».

## **1.2. Требования к уровню подготовки поступающего на обучение, необходимому для освоения программы (категория слушателей)**

Слушателями программы могут быть лица имеющие или получающие высшее образование, и обладающие базовыми знаниями в области математики, физики, инженерного дела и информационных технологий.

## **1.3. Перечень нормативных документов, определяющих требования к выпускнику программы**

- Постановлением Минтруда России от 21.08.1998 N 37 «Об утверждении "Квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и других служащих"»
- Приказ Минтруда России от 03.03.2016 N 84н "Об утверждении профессионального стандарта 40.138 "Оператор мобильной робототехники"
- Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации №206 от 12 марта 2015г. «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника (уровень бакалавриата)»
- Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт по направлению подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», принятый ученым советом ПНИПУ 27.05.2021 протокол №10.

## **1.4. Характеристика новой квалификации**

Слушатель, успешно завершивший обучение по данной программе, будет способен выполнять профессиональные задачи в рамках обобщенной трудовой функции «Проведение дополнительных подготовительных работ для мобильного РТС при программном способе управления» уровень квалификации 6, которая определена в профессиональном стандарте 40.138 «Оператор мобильной робототехники» (утв. Приказом №84н от 3го марта 2016 года и включает следующие трудовые функции:

- С/01.6 - Изменение параметров математической модели мобильного РТС
- С/02.6 - Подготовка управляющей программы для мобильного РТС
- С/03.6 - Интегрирование системы управления в блок управления мобильного РТС

В рамках выполнения указанных трудовых функций работник может совершать следующие трудовые действия:

1. Определение необходимости установки навесного оборудования мобильного робототехнического комплекса;

2. Определение целевых характеристик объекта мобильного робототехнического комплекса;
3. Задание параметров для навесного оборудования мобильного робототехнического комплекса;
4. Математическое моделирование места проведения работ мобильным робототехническим комплексом;
5. Моделирование движения мобильного робототехнического комплекса;
6. Задание режима движения мобильного робототехнического комплекса;
7. Подбор алгоритмов управления мобильными робототехническим комплексом;
8. Разработка системы управления для навесного оборудования мобильного робототехнического комплекса;
9. Изменение параметров в управляющей программе мобильного робототехнического комплекса согласно технической документации;
10. Диагностика программного кода мобильного робототехнического комплекса;
11. Подключение программного продукта к системе управления мобильного робототехнического комплекса;
12. Тестирование работы мобильного робототехнического комплекса;
13. Отладка программного кода на уровне взаимодействия с мобильным робототехническим комплексом;

### **1.5. Характеристика нового вида профессиональной деятельности**

Для выполнения трудовых действий в рамках квалификации, «Инженера-программиста робототехнических комплексов» должен обладать компетенциями по разработке аппаратного и программного обеспечения робототехнических комплексов для решения различных задач, соответствующими **проектно-конструкторскому виду профессиональной деятельности**:

- расчет и проведение исследований мехатронных и робототехнических систем, управляющих, информационно-сенсорных и исполнительных подсистем с использованием методов математического моделирования, проведение макетирования и испытаний действующих систем, обработка экспериментальных данных с применением современных информационных технологий;
- разработка специального программного обеспечения для решения задач проектирования мехатронных и робототехнических систем, разработка технического задания и непосредственное участие в конструировании механических и мехатронных модулей, проектировании устройств и систем управления и обработки информации;

#### **Объекты профессиональной деятельности:**

- Встроенное программное обеспечение робототехнических комплексов
- Системное программное обеспечение робототехнических комплексов
- Элементы и устройства робототехнических комплексов
- Математические модели, используемые для управления робототехническим комплексом.

**Уровень квалификации** в соответствии с приказом министерства труда определен как:

Самостоятельная деятельность по решению практических задач, требующих самостоятельного анализа ситуации и ее изменений. Участие в управлении решением поставленных задач в рамках подразделения. Ответственность за решение поставленных задач или результат деятельности группы работников или подразделения

### **1.6. Планируемые результаты обучения**

- Способность разрабатывать технико-экономическое обоснование проектов новых робототехнических систем, их отдельных подсистем и модулей (ПК-1);

- Способность проводить расчет и исследование робототехнических систем, управляющих, информационно-сенсорных и исполнительных подсистем с использованием методов математического моделирования (ПК-2);
- Способность выполнять макетирование и испытание действующих систем, включая обработку экспериментальных данных с применением современных информационных технологий (ПК-3);
- Способность разрабатывать специальное программное обеспечение для решения задач в области робототехнических систем с использованием различных языков программирования, принципов алгоритмизации и СУБД (ПК-4);
- Способность разрабатывать техническое задание на конструирование механических и мехатронных модулей робототехнических систем (ПК-5);
- Способность проектировать устройства и системы управления и обработки информации (ПК-6).

| Дисциплина   | Трудовая функция  | Вид деятельности   | Компетенция  |
|--|---|--|--|
| Специальные разделы теории автоматического управления в робототехнике            | С/01.6 - Изменение параметров математической модели мобильного РТС          | расчет и проведение исследований мехатронных и робототехнических систем, управляющих, информационно-сенсорных и исполнительных подсистем с использованием методов математического моделирования, обработка экспериментальных данных с применением современных информационных технологий                        | Способность проводить расчет и исследование робототехнических систем, управляющих, информационно-сенсорных и исполнительных подсистем с использованием методов математического моделирования (ПК-2); |
| Проектирование и исследование идентификационных моделей робототехнических систем | С/01.6 - Изменение параметров математической модели мобильного РТС          | расчет и проведение исследований мехатронных и робототехнических систем, управляющих, информационно-сенсорных и исполнительных подсистем с использованием методов математического моделирования, обработка экспериментальных данных с применением современных информационных технологий                        | Способность проводить расчет и исследование робототехнических систем, управляющих, информационно-сенсорных и исполнительных подсистем с использованием методов математического моделирования (ПК-2); |
| Автоматизированное проектирование средств и систем робототехники                 | С/03.6 - Интегрирование системы управления в блок управления мобильного РТС | разработка специального программного обеспечения для решения задач проектирования мехатронных и робототехнических систем, разработка технического задания и непосредственное участие в конструировании механических и мехатронных модулей, проектировании устройств и систем управления и обработки информации | Способность проектировать устройства и системы управления и обработки информации (ПК-6).   |
| Цифровая обработка сигналов в системах управления объектами робототехнике        | С/01.6 - Изменение параметров математической модели мобильного РТС          | расчет и проведение исследований мехатронных и робототехнических систем, управляющих, информационно-сенсорных и исполнительных подсистем с использованием методов математического моделирования, обработка экспериментальных данных с применением современных информационных технологий                        | Способность проводить расчет и исследование робототехнических систем, управляющих, информационно-сенсорных и исполнительных подсистем с использованием методов математического моделирования (ПК-2); |
| Методы нечеткой логики и нейронных сетей в робототехнике                         | С/01.6 - Изменение параметров математической модели мобильного РТС          | расчет и проведение исследований мехатронных и робототехнических систем, управляющих, информационно-сенсорных и исполнительных подсистем с использованием методов математического моделирования, обработка экспериментальных данных с применением современных информационных технологий                        | Способность проводить расчет и исследование робототехнических систем, управляющих, информационно-сенсорных и исполнительных подсистем с использованием методов математического моделирования (ПК-2); |
| Разработка сетевой системы управления автономными                                | С/02.6 - Подготовка управляющей программы для мобильного РТС                | разработка специального программного обеспечения для решения задач проектирования мехатронных и робототехнических систем, разработка технического задания и непосредственное участие в конструировании   | Способность разрабатывать специальное программное обеспечение для решения задач в области робототехнических систем (ПК-4);   |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| сервисными роботами   |   | механических и мехатронных модулей, проектировании устройств и систем управления и обработки информации  |  |
| Методы идентификации зрительных объектов в робототехнике                | С/01.6 - Изменение параметров математической модели мобильного РТС          | расчет и проведение исследований мехатронных и робототехнических систем, управляющих, информационно-сенсорных и исполнительных подсистем с использованием методов математического моделирования, обработка экспериментальных данных с применением современных информационных технологий                        | Способность разрабатывать специальное программное обеспечение для решения задач в области робототехнических систем (ПК-4);   |
| Микропроцессорные устройства управления автономными сервисными роботами | С/03.6 - Интегрирование системы управления в блок управления мобильного РТС | разработка специального программного обеспечения для решения задач проектирования мехатронных и робототехнических систем, разработка технического задания и непосредственное участие в конструировании механических и мехатронных модулей, проектировании устройств и систем управления и обработки информации | Способность выполнять макетирование и испытание действующих систем, включая обработку экспериментальных данных с применением современных информационных технологий (ПК-3); |
| Системное программное обеспечение автономных сервисных роботов          | С/02.6 - Подготовка управляющей программы для мобильного РТС                | разработка специального программного обеспечения для решения задач проектирования мехатронных и робототехнических систем, разработка технического задания и непосредственное участие в конструировании механических и мехатронных модулей, проектировании устройств и систем управления и обработки информации | Способность разрабатывать специальное программное обеспечение для решения задач в области робототехнических систем (ПК-4);   |
| Прикладное программное обеспечение автономных сервисных роботов         | С/02.6 - Подготовка управляющей программы для мобильного РТС                | разработка специального программного обеспечения для решения задач проектирования мехатронных и робототехнических систем, разработка технического задания и непосредственное участие в конструировании механических и мехатронных модулей, проектировании устройств и систем управления и обработки информации | Способность разрабатывать специальное программное обеспечение для решения задач в области робототехнических систем (ПК-4);   |
| Человеко-машинное взаимодействие и оценка технологий                    | С/02.6 - Подготовка управляющей программы для мобильного РТС                | разработка специального программного обеспечения для решения задач проектирования мехатронных и робототехнических систем, разработка технического задания и непосредственное участие в конструировании механических и мехатронных модулей, проектировании устройств и систем управления и обработки информации | Способность разрабатывать технико-экономическое обоснование проектов новых робототехнических систем, их отдельных подсистем и модулей (ПК-1);                              |
| Программирование промышленных контроллеров                              | С/02.6 - Подготовка управляющей программы для мобильного РТС                | разработка специального программного обеспечения для решения задач проектирования мехатронных и робототехнических систем, разработка технического задания и непосредственное участие в конструировании механических и мехатронных модулей, проектировании устройств и систем управления и обработки информации | Способность разрабатывать специальное программное обеспечение для решения задач в области робототехнических систем (ПК-4);   |
| Проектирование и конструирование автономных сервисных роботов           | С/03.6 - Интегрирование системы управления в блок управления мобильного РТС | разработка специального программного обеспечения для решения задач проектирования мехатронных и робототехнических систем, разработка технического задания и непосредственное участие в конструировании механических и мехатронных модулей, проектировании устройств и систем управления и обработки информации | Способность разрабатывать техническое задание на конструирование механических и мехатронных модулей робототехнических систем (ПК-5);                                       |
| Навигация автономных сервисных роботов                                  | С/02.6 - Подготовка управляющей программы для                               | разработка специального программного обеспечения для решения задач проектирования мехатронных и робототехнических систем, разработка технического задания и  | Способность разрабатывать специальное программное обеспечение для решения задач в области робототехнических  |

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
|  | мобильного РТС  | непосредственное участие в конструировании механических и мехатронных модулей, проектировании устройств и систем управления и обработки информации   | систем (ПК-4);   |
| Разработка систем распознавания образов для автономных сервисных роботов | С/02.6 - Подготовка управляющей программы для мобильного РТС                | разработка специального программного обеспечения для решения задач проектирования мехатронных и робототехнических систем, разработка технического задания и непосредственное участие в конструировании механических и мехатронных модулей, проектировании устройств и систем управления и обработки информации | Способность разрабатывать специальное программное обеспечение для решения задач в области робототехнических систем (ПК-4); |
| Ценностно-ориентированное проектирование социальных роботов              | С/03.6 - Интегрирование системы управления в блок управления мобильного РТС | разработка специального программного обеспечения для решения задач проектирования мехатронных и робототехнических систем, разработка технического задания и непосредственное участие в конструировании механических и мехатронных модулей, проектировании устройств и систем управления и обработки информации | Способность проектировать устройства и системы управления и обработки информации (ПК-6).                                   |

### 1.7. Трудоемкость обучения

Трудоемкость обучения составляет 252 часа.

В трудоемкость обучения включены все виды аудиторной нагрузки, самостоятельной работы, в том числе время, отводимое на контроль качества освоения программы профессиональной переподготовки.

### 1.8. Форма обучения

Обучение осуществляется в очной форме с применением дистанционных образовательных технологий.

### 1.9. Документ, выдаваемый по результатам освоения программы

Слушателям, завершившим обучение по соответствующей программе профессиональной переподготовки и успешно прошедшим итоговую аттестацию, выдается диплом о профессиональной переподготовке с присвоением квалификации «Инженер-программист робототехнических комплексов» и предоставлением права на ведение профессиональной деятельности в сфере робототехники, установленного в ПНИПУ образца.

## 2. Содержание программы

### 2.1. Учебный план программы профессиональной переподготовки

| Наименование дисциплин  | Общая<br>трудоемко<br>сть, час. | Дистанционные занятия, час. |           |           |                          | СРС,<br>час. | Текущий<br>контроль** |    |    |
|---|---------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|--------------------------|--------------|-----------------------|----|----|
|   |                                 | всего                       | из них    |           |                          |              | ПК<br>РГР,<br>Реф.    | КР | КП |
|   |                                 |                             | лекц.     | лаб. раб. | практ. зан.,<br>семинары |              |                       |    |    |
| 1   | 2                               | 3                           | 4         | 5         | 6                        | 7            | 8                     | 9  | 10 |
| <b>Блок.1. Дисциплины по выбору</b>   | <b>216</b>                      | <b>128</b>                  | <b>16</b> | <b>64</b> | <b>48</b>                | <b>72</b>    | <b>16</b>             | –  | –  |
| Дисциплина 1  | 54                              | 32                          | 4         | 16        | 12                       | 18           | 4                     | –  | –  |
| Дисциплина 2  | 54                              | 32                          | 4         | 16        | 12                       | 18           | 4                     | –  | –  |
| Дисциплина 3  | 54                              | 32                          | 4         | 16        | 12                       | 18           | 4                     | –  | –  |
| Дисциплина 4  | 54                              | 32                          | 4         | 16        | 12                       | 18           | 4                     | –  | –  |
| <b>Список дисциплин для выбора</b>  |                                 |                             |           |           |                          |              |                       |    |    |
| Специальные разделы теории автоматического управления в робототехнике               |                                 |                             |           |           |                          |              |                       |    |    |
| Проектирование и исследование идентификационных моделей робототехнических систем    |                                 |                             |           |           |                          |              |                       |    |    |
| Автоматизированное проектирование средств и систем робототехники                    |                                 |                             |           |           |                          |              |                       |    |    |
| Цифровая обработка сигналов в системах управления объектами робототехнике           |                                 |                             |           |           |                          |              |                       |    |    |
| Методы нечеткой логики и нейронных сетей в робототехнике                            |                                 |                             |           |           |                          |              |                       |    |    |
| Разработка сетевой системы управления автономными сервисными роботами               |                                 |                             |           |           |                          |              |                       |    |    |
| Методы идентификации зрительных объектов в робототехнике                            |                                 |                             |           |           |                          |              |                       |    |    |
| Микропроцессорные устройства управления автономными сервисными роботами             |                                 |                             |           |           |                          |              |                       |    |    |
| Системное программное обеспечение автономных сервисных роботов                      |                                 |                             |           |           |                          |              |                       |    |    |
| Прикладное программное обеспечение автономных сервисных роботов                     |                                 |                             |           |           |                          |              |                       |    |    |
| Человеко-машинное взаимодействие и оценка технологий                                |                                 |                             |           |           |                          |              |                       |    |    |
| Программирование промышленных контроллеров  |                                 |                             |           |           |                          |              |                       |    |    |
| Проектирование и конструирование автономных сервисных роботов                       |                                 |                             |           |           |                          |              |                       |    |    |
| Навигация автономных сервисных роботов  |                                 |                             |           |           |                          |              |                       |    |    |
| Разработка систем распознавания образов для автономных сервисных роботов            |                                 |                             |           |           |                          |              |                       |    |    |
| Ценностно-ориентированное проектирование социальных роботов                         |                                 |                             |           |           |                          |              |                       |    |    |
| <b>Блок.2. Практика</b>   | <b>36</b>                       | –                           | –         | –         | –                        | <b>36</b>    | –                     | –  | –  |
| Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности | 36                              | –                           | –         | –         | –                        | 36           | –                     | –  | –  |
| <b>Блок.3. Итоговая аттестация</b>  | <b>36</b>                       | –                           | –         | –         | –                        | <b>32</b>    | <b>4</b>              | –  | –  |
| <b>ИТОГО</b>  | <b>288</b>                      | <b>128</b>                  | <b>16</b> | <b>64</b> | <b>48</b>                | <b>140</b>   | <b>20</b>             | –  | –  |

## 2.2. Календарный учебный график

| Наименование дисциплины | Объем дистанционной аудиторной нагрузки, ч | Учебные месяцы |   |   |   |   |   |   |    |    |
|-------------------------|--|----------------|---|---|---|---|---|---|----|----|
|                         |  | 1              | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8  | 9  |
| 1                       | 2  | 3              | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Дисциплина по выбору 1  | 36   | 4              | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  | 4  |
| Дисциплина по выбору 2  | 36   | 4              | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  | 4  |
| Дисциплина по выбору 3  | 36   | 4              | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  | 4  |
| Дисциплина по выбору 4  | 36   | 4              | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  | 4  |
| Практика                |  |                | * | * |   | * | * | * |    |    |
| Входной ассесмент       |  | *              |   |   |   |   |   |   |    |    |
| Промежуточный ассесмент |  |                |   |   | * |   |   |   |    |    |
| Итоговый ассесмент      |  |                |   |   |   |   |   |   | *  |    |
| ИАР                     | 4  |                |   |   |   |   |   |   |    | 4  |

### 2.3. Таблица соответствия содержания результатам обучения

| Название дисциплины  | ПК1 | ПК2 | ПК3 | ПК4 | ПК5 | ПК6 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Специальные разделы теории автоматического управления в робототехнике            |     | +   | +   |     |     |     |
| Проектирование и исследование идентификационных моделей робототехнических систем | +   | +   |     |     |     |     |
| Автоматизированное проектирование средств и систем робототехники                 |     |     | +   |     |     | +   |
| Цифровая обработка сигналов в системах управления объектами робототехнике        |     | +   | +   |     |     |     |
| Методы нечеткой логики и нейронных сетей в робототехнике                         |     | +   | +   |     |     |     |
| Разработка сетевой системы управления автономными сервисными роботами            |     |     |     | +   |     | +   |
| Методы идентификации зрительных объектов в робототехнике                         | +   |     |     | +   |     |     |
| Микропроцессорные устройства управления автономными сервисными роботами          |     |     | +   |     | +   |     |
| Системное программное обеспечение автономных сервисных роботов                   |     |     |     | +   |     | +   |
| Прикладное программное обеспечение автономных сервисных роботов                  |     |     |     | +   | +   |     |
| Человеко-машинное взаимодействие и оценка технологий                             | +   | +   |     |     |     |     |
| Программирование промышленных контроллеров                                       |     |     |     | +   | +   |     |
| Проектирование и конструирование автономных сервисных роботов                    |     |     |     |     | +   | +   |
| Навигация автономных сервисных роботов   |     |     | +   | +   |     |     |
| Разработка систем распознавания образов для автономных сервисных роботов         | +   |     |     | +   |     |     |
| Ценностно-ориентированное проектирование социальных роботов                      |     |     |     |     | +   | +   |

### 2.4. Методические рекомендации по формированию индивидуального учебного плана

Индивидуальная образовательная траектория (ИОТ) состоит из четырех дисциплин по выбору в соответствии с базовым учебным планом. Выбор дисциплин осуществляется через систему личного кабинета слушателя программы (lk.at.pstu.ru).

#### 2.4.1 Выбор индивидуальной траектории в соответствии с основной компетенцией

##### ***ИОТ-1: Разработчик системного и прикладного программного обеспечения***

- Д1. Системное программное обеспечение автономных сервисных роботов
- Д2. Прикладное программное обеспечение автономных сервисных роботов
- Д3. Программирование промышленных контроллеров
- Д4. Человеко-машинное взаимодействие и оценка технологий

##### ***ИОТ-2: Разработчик встроенного программного обеспечения***

- Д1. Цифровая обработка сигналов в системах управления объектами робототехнике
- Д2. Микропроцессорные устройства управления автономными сервисными роботами
- Д3. Программирование промышленных контроллеров
- Д4. Человеко-машинное взаимодействие и оценка технологий

##### ***ИОТ-3: Специалист по обработке данных***

- Д1. Методы нечеткой логики и нейронных сетей в робототехнике

- Д2. Методы идентификации зрительных объектов в робототехнике
- Д3. Разработка систем распознавания образов для автономных сервисных роботов
- Д4. Проектирование и исследование идентификационных моделей робототехнических систем

***ИОТ-4: Специалист по технологиям применения***

- Д1. Разработка сетевой системы управления автономными сервисными роботами
- Д2. Навигация автономных сервисных роботов
- Д3. Специальные разделы теории автоматического управления в робототехнике
- Д4. Ценностно-ориентированное проектирование социальных роботов

***ИОТ-5: Разработчик аппаратного обеспечения***

- Д1. Автоматизированное проектирование средств и систем робототехники
- Д2. Специальные разделы теории автоматического управления в робототехнике
- Д3. Прикладное программное обеспечение автономных сервисных роботов
- Д4. Ценностно-ориентированное проектирование социальных роботов

**2.5. Рабочие программы разделов, дисциплин (модулей)**

**2.5.1 Специальные разделы теории автоматического управления в робототехнике**

***Аннотация:***

*Цель* - изучение основных научных подходов к построению робототехнических систем и управлению ими.

*Задачи:* изучение вопросов анализа и проектирования современных адаптивных систем управления, анализ базовых структур беспоисковых адаптивных систем управления линейными и нелинейными объектами, исследование вопросов устойчивости.

*Изучаемые объекты дисциплины:*

Адаптивные системы управления линейными и нелинейными объектами, устойчивость систем автоматического управления.

***Вид учебной работы:***

*Введение*

Задачи управления в робототехнических системах. Неадаптивное и адаптивное управление.

*Тема 1. Динамические системы*

Математические модели динамических систем в форме переменных состояния. Каноническая форма управляемости. Модальное управление. Пример синтеза модального регулятора. Восстановление состояния динамических систем. Пример построения наблюдателя состояния.

*Тема 2. Кинематика и динамика роботов-манипуляторов*

Жесткий робот. Робот с гибкими сочленениями. Уравнения движения робота-манипулятора.

*Тема 3. Линейное управление манипуляторами*

Задачи управления манипуляторами. Разомкнутые и замкнутые системы управления манипуляционными роботами. Управление линейными системами второго порядка. Управление движением по заданной траектории.

*Тема 4. Адаптивное управление жесткими роботами*

Принципы адаптивного управления. Обычное адаптивное управление жестким роботом. Подход Слотина и Ли. Адаптивное управление на основе регрессора и без регрессора.

*Тема 5. Основы математических методов исследования устойчивости нелинейных динамических систем*

Квадратичные формы. Функции Ляпунова. Теоремы об устойчивости и асимптотической устойчивости. Теоремы о неустойчивости движения. Методы построения функций Ляпунова.

*Тема 6. Основные подходы к построению беспоисковых (аналитических) адаптивных систем управления нелинейными динамическими объектами*

Метод скоростного градиента (СГ). Пример применения метода скоростного градиента.  
Метод мажорирующих функций. Пример применения метода мажорирующих функций.

*Тема 7. Базовые структуры беспоисковых прямых адаптивных систем для управления линейными объектами*

Классификация беспоисковых адаптивных систем. Системы прямого адаптивного управления с эталонной моделью и алгоритмами параметрической настройки для линейных стационарных объектов. Определение параметров адаптивной настройки методом функций Ляпунова.

*Тема 8. Прямые и непрямые беспоисковые адаптивные системы с алгоритмами параметрической и сигнальной настройки и мажорирующими функциями*

Прямые адаптивные системы управления с параметрической настройкой. Прямые адаптивные системы управления с сигнальной настройкой. Непрямые адаптивные системы управления с сигнальной настройкой.

*Тема 9. Математические модели многостепенных упругих механических объектов*

Явная форма и структура уравнений Лагранжа. Постановка задач управления упругими механическими объектами. Управляемость и наблюдаемость многомассовых упругих механических объектов.

*Перечень лабораторных работ:*

Синтез и исследование адаптивных систем с параметрической адаптацией для объектов первого порядка.

Синтез и исследование адаптивных систем с параметрической адаптацией для объектов второго порядка.

Синтез и исследование систем с модальным управлением и наблюдателем состояния.

Синтез и исследование адаптивной системы управления для двухмассового упругого электромеханического объекта.

*Перечень практических занятий:*

Построение наблюдателя состояния для динамической системы.

Пример исследования систем первого и второго порядков методом функций Ляпунова

Исследование адаптивной системы управления линейным объектом с параметрической настройкой.

## **2.5.2 Проектирование и исследование идентификационных моделей робототехнических систем**

***Аннотация:***

*Цель* - формирование комплекса знаний, умений и навыков в области применения методов идентификации при проектировании и исследовании робототехнических систем.

*Задачи:*

- получить знания по методам идентификации их применению в предметной области;
- сформировать умения и навыки по проектированию и исследованию идентификационных моделей в робототехнике.

*Изучаемые объекты дисциплины:*

Методы формализации робототехнических систем; методы структурной и параметрической идентификации; программно-аппаратные средства идентификации моделей робототехнических систем

***Вид учебной работы:***

*Модуль 1. Методы идентификации робототехнических систем*

*Модуль 2. Исследование идентификационных моделей робототехнических систем*

*Тематика примерных практических занятий:*

Семинар «Основные этапы структурной идентификации»

Графическая идентификация

Линейный регрессионный анализ

Адекватность идентификационных моделей робототехнических систем

Расчет параметров динамических моделей робототехнических систем

*Тематика примерных лабораторных работ:*

- Идентификация линейных динамических систем программной среде System Identification Toolbox
- Оценка идентификационных моделей с помощью процедуры валидации в программной среде System Identification Toolbox
- Исследование линейных динамических моделей на основе авторегрессионных моделей программной среде System Identification Toolbox
- Исследование нелинейных динамических моделей робототехнических систем Программной среде System Identification Toolbox

### **2.5.3 Автоматизированное проектирование средств и систем робототехники**

**Аннотация:**

*Цель* - освоение способов и инструментов автоматизированного проектирования электронных узлов робототехнических устройств.

*Задачи:*

- изучение основных принципов функционирования современных систем автоматизированного проектирования (САПР), методов моделирования исследуемых процессов и объектов управления;
- формирование умений по применению современных пакетов прикладного программного обеспечения автоматизированного проектирования;
- овладение навыками работы с современными аппаратными и программными средствами исследования и проектирования систем управления; навыками разработки электронных узлов робототехники в среде САПР.

*Изучаемые объекты дисциплины:*

системы автоматизированного проектирования, методы проектирования электронных узлов робототехники в среде САПР, конструкции печатных плат, тенденции и перспективы развития систем информационной поддержки процесса проектирования электронных узлов.

**Вид учебной работы:**

*Модуль 1. Основные типы и принципы применения автоматизированных систем при проектировании электронных узлов робототехники.*

- 1.1. Использование автоматизированных систем в поддержке жизненного цикла изделий. Системы автоматизированного проектирования (САПР). Виды обеспечения САПР. Основные черты современных САПР.
- 1.2. Процесс разработки изделия. Основные этапы проектирования электронных узлов.
- 1.3. Автоматизация разработки схмотехники электронных узлов. Библиотеки элементов.
- 1.4. Схмотехническое моделирование

*Модуль 2. Разработка печатных плат (ПП) электронных узлов робототехники*

- 2.1. Типы электронных компонентов и способы монтажа, конструкции и материалы ПП, технологии изготовления ПП и монтажа элементов.
- 2.2. Требования к разработке и изготовлению ПП
- 2.3. Компоновка и размещение элементов. Правила и рекомендации при трассировке ПП. Линии передачи сигналов, обеспечение целостности сигнала. Проектирование подсистемы питания.
- 2.4. Разработка конструкторской и технологической документации электронных узлов.

*Примерная тематика практических занятий:*

- 1 Расчет электрических и конструктивных параметров печатной платы
- 2 Характеристики и расчет линий передачи
- 3 Проектирование печатной платы
- 4 Комплект конструкторской документации на изделие
- 5 Системы сквозного проектирования EDA (семинар)

*Примерная тематика лабораторных работ:*

- 1 Настойка среды проектирования, разработка библиотеки элементов
- 2 Разработка схемы электронного узла

3 Разработка печатной платы, задание ограничений и правил проверки. Размещение и компоновка элементов.

4 Разработка печатной платы, трассировка. Проверка ошибок. Генерация файлов для производства и документации ЕСКД.

## 2.5.4 Цифровая обработка сигналов в системах управления объектами робототехнике

### **Аннотация:**

*Цель* - изучение основ цифровой обработки сигналов, основ теории дискретных сигналов и систем применительно к объектам робототехники.

#### *Задачи:*

- изучение методов спектрального анализа и фильтрации дискретных сигналов,
- освоение алгоритмов синтеза дискретных фильтров,
- исследование влияния эффектов квантования и конечной точности вычислений на работу цифровых устройств,
- изучение методов модуляции, применяемых для передачи цифровой информации,
- обсуждение вопросов построения адаптивных фильтров и многоскоростной обработки сигналов.

#### *Изучаемые объекты дисциплины:*

Методы спектрального анализа и фильтрации дискретных сигналов, алгоритмы синтеза дискретных фильтров, эффекты квантования, методы модуляции при передаче цифровой информации, адаптивные фильтры и многоскоростная обработка сигналов.

### **Вид учебной работы:**

#### *Тема 1. Дискретные сигналы*

Основные характеристики дискретных сигналов - Понятие дискретного сигнала, Анализ сигналов: энергия и мощность, Анализ сигналов: корреляционные функции, Элементарные сигналы: одиночный импульс и единичный скачок, Дискретный гармонический сигнал

Ложные частоты - Понятие ложных частот, Ложные частоты: иллюстрация

Преобразование Фурье в дискретном времени - Преобразование Фурье в дискретном времени: определение, Преобразование Фурье в дискретном времени: примеры вычисления, Обратное преобразование Фурье в дискретном времени, Свойства преобразования Фурье в дискретном времени

Z-преобразование - Z-преобразование: определение и примеры, Связь z-преобразования и преобразования Фурье в дискретном времени, Свойства z-преобразования, Обратное z-преобразование

Дискретизация и восстановление аналоговых сигналов - Дискретизация аналоговых сигналов, Спектр аналогового сигнала: преобразование Фурье, свойства z-преобразования, Связь спектров аналогового и дискретизированного сигналов, Спектр дискретизированного сигнала: иллюстрация, Восстановление аналогового сигнала по дискретным отсчетам. Теорема Котельникова, Доказательство формулы восстановления сигнала по его дискретным отсчетам, Теорема Котельникова: строгое или нестрогое неравенство, Восстановление сигнала по дискретным отсчетам: пример

#### *Тема 2. Дискретные системы*

Принцип линейной стационарной фильтрации, характеристики линейных дискретных стационарных систем - Классификация дискретных систем: линейность и стационарность, Классификация дискретных систем: причинность и инерционность, Сущность линейной дискретной обработки: нерекурсивный фильтр, Сущность линейной дискретной обработки: рекурсивный фильтр, Алгоритм дискретной фильтрации, Связь входного и выходного сигналов, импульсная характеристика дискретной системы, Функция передачи и частотные характеристики

Способы описания линейных дискретных стационарных систем - Импульсная характеристика, Передаточная функция, Нули и полюсы, Полюсы и вычеты, Пространство состояний

Формы реализации дискретных систем - Прямая форма реализации дискретных систем, Каноническая форма реализации дискретных систем, Транспонированная форма реализации

дискретных систем, Последовательная (каскадная) форма реализации дискретных систем, Симметричные фильтры

### *Тема 3. Дискретное преобразование Фурье*

Определение и свойства дискретного преобразования Фурье (ДПФ) - Определение дискретного преобразования Фурье (ДПФ), Связь ДПФ и преобразования Фурье в дискретном времени, Связь ДПФ и дискретного ряда Фурье, Свойства ДПФ

Растекание спектра - Понятие растекания спектра (MATLAB-демонстрация), Причины растекания спектра, Весовые функции (окна), Влияние окна на растекание спектра (MATLAB-демонстрация)

Алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ) - Идея БПФ, алгоритм Кули-Тьюки с прореживанием по времени, Структурная схема одного каскада БПФ, Полная структура алгоритма БПФ, Число операций для расчета БПФ

Связь ДПФ и дискретной фильтрации - ДПФ как дискретная фильтрация, Алгоритм Герцеля, Взаимосвязь линейной и круговой свертки, Дискретная фильтрация с помощью ДПФ, Секционирование свертки

### *Тема 4. Расчет дискретных фильтров*

Постановка задачи и классификация методов синтеза - Постановка задачи и классификация методов расчета дискретных фильтров

Простейшие фильтры первого и второго порядка - Системы первого и второго порядка, Фильтр нижних частот первого порядка, Фильтр верхних частот первого порядка, Резонатор второго порядка, Режекторный фильтр второго порядка

Билинейное преобразование - Метод билинейного преобразования: идея, Метод билинейного преобразования: описание, Метод билинейного преобразования: пример

Идеализированные фильтры - Идеализированные фильтры: методы расчета, Идеализированные фильтры: примеры

Оконный метод - Оконный метод: идея и описание, Оконный метод: окно Кайзера, Оконный метод: примеры

Оптимальные методы - Оптимальные методы: идея. Постановка оптимизационной задачи, Минимаксный метод, Оптимальные методы: примеры

### *Тема 5. Изменение частоты дискретизации сигнала (Лаб. №4)*

Дискретизация - Понятие многоскоростной обработки сигналов, Дискретизация: простое выбрасывание отсчетов, Дискретизация: борьба с ложными частотами

Интерполяция – Интерполяция, Интерполяция: пример

Передискретизация - Передискретизация сигнала с рациональным коэффициентом, Передискретизация: пример

### *Тема 6. Эффекты квантования и округления*

Представление чисел в цифровых системах - Формат с фиксированной запятой, Формат с плавающей запятой

Квантование - Процесс квантования, Шум квантования

Погрешности квантования и округления в цифровых фильтрах - Погрешности представления коэффициентов цифровых фильтров, Масштабирование коэффициентов цифровых фильтров, Переполнения в цифровых фильтрах, Собственный шум цифровых фильтров, Спектр собственного шума: примеры, Предельные циклы, Предельные циклы: пример для фильтра второго порядка

### *Тема 7. Адаптивные алгоритмы очистки сигналов от шума*

Модель шума, Аддитивные и мультипликативные шумы, Вейвлет-преобразование, Адаптивная фильтрация, Адаптивный фильтр Винера, Уравнение Винера-Хопфа, Спектральный анализ, Преобразование Фурье, Алгоритм Empirical Mode Decomposition (EMD), Алгоритм Intrinsic Time-Scale Decomposition (ITD), Алгоритмы EEMD, SEMD, IEMD, Алгоритмы EITD, CITD, PITD

### *Тема 8. Адаптивные алгоритмы очистки изображений и видео от шума*

Модель шума, Аддитивные и мультипликативные шумы, Аналоговый и цифровой шум, Шум «соль и перец», гауссовский шум, Фильтр Box Average, Фильтр Gaussian Blur, Bilateral filter, Non Local Means, Пространственные, временные и пространственно-временные методы шумоподавления

### *Тема 9. Адаптивные алгоритмы спектрального анализа сигналов (Лаб. №7)*

Спектральный анализ, Преобразование Фурье, Алгоритм Empirical Mode Decomposition (EMD), Алгоритм Intrinsic Time-Scale Decomposition (ITD), Преобразование Гильберта-Хуанга, Локальные особенности, Мгновенные характеристики сигнала: амплитуда, фаза, частота

*Тема 10. Особенности реализации алгоритмов обработки сигналов и изображений с использованием современной программно-аппаратной базы (Лаб. №8)*

Особенности построения современных АЦП и ЦАП, Современная программно-аппаратная база для реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов: FPGA, процессоры цифровой обработки сигналов, GPU, системы на кристалле. САПР для разработки, Особенности аппаратной реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов. Блоки МАС, Средства Matlab для генерации HDL-кода и C-кода, технология Hardware-in-the-Loop

#### *Примерная тематика практических занятий*

- Пр. №1 Дискретные сигналы
- Пр. №2. Дискретные системы
- Пр. №3. Дискретное преобразование Фурье
- Пр. №4. Изменение частоты дискретизации сигнала
- Пр. №5. Адаптивные алгоритмы очистки сигналов от шума
- Пр. №6. Адаптивные алгоритмы очистки изображений и видео от шума
- Пр. №7. Адаптивные алгоритмы спектрального анализа сигналов
- Пр. №8. Особенности реализации алгоритмов обработки сигналов и изображений с использованием современной программно-аппаратной базы (ПЛИС, CUDA, MATLAB)

#### *Примерная тематика лабораторных занятий*

- Лаб. №1 Дискретные сигналы
- Лаб. №2. Дискретные системы
- Лаб. №3. Дискретное преобразование Фурье
- Лаб. №4. Изменение частоты дискретизации сигнала
- Лаб. №5. Адаптивные алгоритмы очистки сигналов от шума
- Лаб. №6. Адаптивные алгоритмы очистки изображений и видео от шума
- Лаб. №7. Адаптивные алгоритмы спектрального анализа сигналов
- Лаб. №8. Особенности реализации алгоритмов обработки сигналов и изображений с использованием современной программно-аппаратной базы (ПЛИС, CUDA, MATLAB)

## **2.5.5 Методы нечеткой логики и нейронных сетей в робототехнике**

### ***Аннотация:***

*Цель* - изучение теории нечеткого и нейронного управлений роботами в системах реального времени.

#### *Задачи:*

- изучение моделей нечетких регуляторов;
- изучение алгоритмов обучения;
- исследование принципов построения нейронных сетей прямого распространения;
- получение умений и навыков реализации последовательности этапов проектирования нечетких и нейронных регуляторов.

#### *Изучаемые объекты дисциплины:*

Особенности недетерминированных объектов управления; теория нечетких множеств и нечеткой логики; компоненты нечеткой продукционной модели; алгоритмы нечеткого вывода; нейронные сети на основе искусственных нейронов; проектирование систем нечеткого и нейронного управлений недетерминированными объектами (роботами) в системах реального времени.

### ***Вид учебной работы:***

*Модуль 1. Методы нечеткой логики, принципы разработки регуляторов нечеткого управления.*

Раздел 1: Нечеткие множества и связь с четкими множествами. Классификация функций принадлежности. Лингвистические переменные. Терм-множества. Нечеткие числа. Операции с нечеткими множествами.

Раздел 2: Нечеткая логика. T-норма и S-норма их геометрическая интерпретация. Взаимная дуальность T-норма и S-норма.

Раздел 3: Нечеткие отношения. Операции с нечеткими отношениями. Нечеткая импликация и ее типы. Структура нечеткого регулятора.

Раздел 4: Блок нечеткого вывода. Алгоритмы блока нечеткого вывода.

Раздел 5: Основные методы фаззификации и дефаззификации.

#### *Модуль 2. Применение нейронных сетей в робототехнике.*

Раздел 1: Нейрон: классификация нейронов, логистические функции активации, методы адаптации нейронов: метод Уидроу-Хоффа, метод последовательного обучения.

Раздел 2: Теоремы существования. Структура искусственных нейронных сетей (ИНС): перцептрон, рекуррентные ИНС: сеть Хопфилда, сеть Хэмминга.

Раздел 3: Алгоритмы обучения ИНС с учителем: метод обратного распространения ошибки, метод Левенберга-Маркварда и без учителя: метод Хэбба, генетические алгоритмы.

Раздел 4: Радиально-базисные сети (RBF-сеть). Радиально-базисный нейрон, структура, настройка, сравнительный анализ перцептрона и RBF-сети.

#### *Примерная тематика практических занятий*

1. Операции с нечеткими множествами
2. T-норма и S-норма их геометрическая интерпретация
3. Операции с нечеткими отношениями
4. Блок правил
5. Основные методы фаззификации и дефаззификации
6. Метод последовательного обучения
7. Структура искусственных нейронных сетей
8. Метод Левенберга-Маркварда и метод Хэбба
9. Радиально-базисные сети (RBF-сеть)

#### *Примерная тематика лабораторных работ*

1. Создание нечеткого регулятора недетерминированных объектов в MATLAB Simulink, с помощью «Fuzzy Logic Designer»
2. Движение промобота по заданному маршруту на основе нечеткой логики
3. Создание нейросетевого регулятора недетерминированных объектов в MATLAB Simulink, с помощью «Neural Fitting»
4. Движение промобота по заданному маршруту на основе нейронных сетей

### **2.5.6 Разработка сетевой системы управления автономными сервисными роботами**

#### **Аннотация:**

*Цель* - формирование комплекса знаний, умений и навыков в области разработки программного обеспечения сетевых систем управления автономных сервисных роботов.

#### *Задачи:*

- сформировать знания основ построения и функционирования сетевых систем управления;
- получить умения создания и отладки программного обеспечения сетевых систем управления;
- овладеть навыками программной реализации заданных алгоритмов управления.

#### *Изучаемые объекты дисциплины:*

Сетевая система управления (ССУ) с удаленным оператором, ССУ с удаленным контроллером, ССУ с контроллерами с двух сторон.

#### **Вид учебной работы:**

*Модуль 1. Разработка проекта на С для Windows сетевой системы управления с удаленным оператором*

*Модуль 2. Разработка проекта на C для Windows сетевой системы управления с контроллерами с двух сторон*

*Примерная тематика лабораторных работ*

1. Разработка интерфейса пользователя  
Разработка функции передачи сообщений через интернет.
2. Разработка функции управления платформой передвижения сервисного робота PROMOBOT
3. Разработка функции управления руками-манипуляторами сервисного
4. Разработка функции исследователя лабиринта для сервисного робота PROMOBOT
5. Разработка функция преодоления препятствий для сервисного робота PROMOBOT
6. Разработка функции разворота сервисного робота PROMOBOT перпендикулярно стене
7. Разработка функции управления траекторией движения рук-манипуляторов сервисного робота PROMOBOT
8. Разработка полуавтономной миссии робота-официанта для сервисного робота PROMOBOT

## **2.5.7 Методы идентификации зрительных объектов в робототехнике**

***Аннотация:***

*Цель* - формирование комплекса знаний, умений и навыков в области разработки программного обеспечения на базе соответствующих разделов математики, имеющихся и созданных алгоритмов идентификации объектов, включая людей и элементов окружающей обстановки зрительными средствами робототехнических комплексов.

*Задачи:*

- сформировать знания методов идентификации зрительных объектов;
- освоить инструменты для разработки и реализации алгоритмов идентификации зрительных объектов;
- реализовать навыки разработки программного обеспечения для идентификации зрительных объектов.

*Изучаемые объекты дисциплины:*

Проблемы зрения человека и технического зрения роботов; теоретические основы распознавания (алгоритмы и математические методы), соответствующие разделы математики и их приложения.

***Вид учебной работы:***

Тема 1. Проблемы роботизации, достижения, успехи задачи развития. Техническое зрение роботов и связь его с элементами работы мозга человека в части зрительной способности распознавания.

Элементы работы мозга. Естественный нейрон и моделирование работы мозга

Тема 2. Разработка и реализация алгоритмов цифровой обработки сигналов

Тема 3. Основные математические методы распознавания образов

Тема 4. Разработка и обоснование методов идентификации и аутентификации зрительных образов

Тема 5. Основные направления совершенствования методов распознавания и идентификации зрительных образов

*Примерная тематика лабораторных работ*

1. Идентификация субъектов оптической системой распознавания Робота (Промобот).
2. Апробация алгоритма выделения точек лица по схемам золотого сечения
3. Исследование эффективности алгоритма от углов поворота головы
4. Исследование эффективности алгоритма от углов наклона

*Примерная тематика практических занятий*

1. Предобработка зрительных и графических образов.
2. Разработка базы данных для алгоритма поворотов лица

3. Разработка базы данных для алгоритмов наклонов лица
4. Разработка базы данных для алгоритмов наклонов и поворотов лица

## 2.5.8 Микропроцессорные устройства управления автономными сервисными роботами

### **Аннотация:**

*Цель* - формирование комплекса знаний, умений и навыков в области разработки аппаратного и программного обеспечения встроенных систем автономных сервисных роботов.

### *Задачи:*

- сформировать знания основ построения и функционирования встроенных систем управления;
- получить умения создания и отладки программного обеспечения встроенных систем управления;
- овладеть навыками программной реализации заданных алгоритмов управления встроенных систем.

### *Изучаемые объекты дисциплины:*

Организация и архитектура встроенных систем, быстрое прототипирование встроенных систем.

### **Вид учебной работы:**

*Модуль 1. Разработка на C++ для микроконтроллера платформы mbed функции движения макета самоходной тележки*

*Модуль 2. Разработка на C++ для микроконтроллера платформы mbed чувствительной и когнитивной функций макета самоходной тележки*

### *Примерная тематика лабораторных работ*

1. Создание нового проекта в mbed. Разработка интерфейса с датчиками и исполнительными механизмами макета самоходной тележки
2. Разработка базовой функции движения
3. Разработка функций обмена данными с компьютером
4. Разработка функций работы с датчиками дальности и приближения
5. Разработка функции работы с магнетометром
6. Разработка функции преодоления препятствий

## 2.5.9 Системное программное обеспечение автономных сервисных роботов

### **Аннотация:**

*Цель* - формирование компетенций в области программного решения задач позиционирования автономных движущихся робототехнических объектов.

### *Задачи:*

- изучаются способы построения программ-компонентов в фреймворке ROS, а также способы коммуникации таких программ компонентов,
- рассматриваются предлагаемые и реализованные в фреймворке решения задач локализации, навигации, ориентации, одновременной локализации и построения карты для автономных движущихся объектов,
- самостоятельно разрабатывается подобное решение, выясняются особенности, возникающие в процессе программирования мехатронной и робототехнической системы.

### *Изучаемые объекты дисциплины:*

Методы автономной локализации, навигации, ориентации для робототехнической системы; теоретические модели в задачах и методах локализации, навигации и ориентации для автономных движущихся робототехнических объектах; фреймворк ROS; создание программ в фреймворке ROS.

### **Вид учебной работы:**

*Тема 1. Ноды и топики.*

Запуск примеров. Граф взаимодействий нод. О топиках и типах сообщений в них. Консольные команды для получения сведений о запущенном стеке. Утилита визуализации `rqt_graph`. Сервисы, как способ общаться напрямую с нодами.

*Тема 2. Файловая иерархия и пакеты.*

Описание требуемой иерархии каталогов и файлов в пакете. Разбор CMakeLists.txt. Разбор package.xml. Консольные команды для создания и сборки пакетов.

*Тема 3. Примеры проектирования читателей и писателей.*

Создание пакета, настройка CMakeLists.txt, package.xml. Написание и объяснение кода на C++ с использованием ROS.

*Тема 4. Обмен сообщения кастомного типа.*

Дополнительные сведения про иерархию каталогов в пакете. Обзор существующих типов сообщений в ROS. Обзор сгенерированных классов сообщений. Написание и объяснение кода на C++ с использованием ROS.

*Тема 5. Работа с сервисами.*

Понятие сервиса. Генерирование собственного типа сервиса. Написание на C++ сервера для обработки сервиса. Подготовка CMakeLists.txt, package.xml. Запросы к серверу из консоли. Запросы к серверу с клиента, написанного на C++ с использованием ROS.

*Тема 6. Работа с RVIZ.*

Назначение и актуальность визуализатора. Пример визуализации сообщения, посланного в консоль. Проектирование писателя с возможностью визуализации в RVIZ. Демонстрация настройки RVIZ для визуализации конкретных сообщений. Углубленный пример работы с RVIZ.

*Тема 7. Знакомство с Launch файлами.*

Назначение. Простейший пример и демонстрация структуры файла. Запуск написанных ранее нод через launch файл. Дополнительные возможности.

*Тема 8. Работа с TF.*

Назначение пакета TransForm. Подготовка пакета, CMakeLists.txt, package.xml. Написание и объяснение кода на C++ с использованием ROS и TF. Визуализация внутреннего дерева TF.

*Тема 9. Введение в SLAM.*

Постановка задачи SLAM. Высокоуровневое описание подхода, использующего фильтр Калмана для решение задачи SLAM. Предъявление алгоритма gMapping как пакета в ROS, решающего задачу SLAM. Типовые ошибки работы с пакетами. Подготовка launch файла. Визуализация работы SLAM gapping.

*Тема 10. Введение в navigation stack.*

Назначение ROS пакетов, входящих в состав navigation stack. Демонстрация работы ноды, сохраняющей и загружающей в память карты, построенной в результате работы алгоритма SLAM. Назначение ноды локализации. Описание базовой ноды. Описание работы планировщика пути. Разбор launch файла, запускающего полный стек. Обзор файлов параметров для нод navigation stack. Обзор симулятора Gazebo. Запуск стека в эмуляторе.

*Перечень лабораторных работ*

1. Реализация программы-писателя на ROS.
2. Взаимодействие посредством пользовательского типа сообщений в ROS.
3. Использование базовых пакетов ROS: RVIZ, TF.
4. Использование пакетов навигационного стека.
5. Использование пакета Gazebo.

*Перечень практических занятий*

- Введение в среду
- Детальное представление о среде и работа с Промоботом
- Базовые пакеты ROS: Rviz и tf
- SLAM
- Navigation stack
- EKF SLAM & gMapping
- Gazebo

## **2.5.10 Прикладное программное обеспечение автономных сервисных роботов**

## **Аннотация:**

*Цель* - освоение компетенций в области проектирования прикладного программного обеспечения систем управления автономных робототехнических систем.

### *Задачи:*

- ознакомление с основными принципами работы, архитектурой и методами разработки управляющих систем и систем передачи данных на базе современных микропроцессоров;  
- формирование навыков проектирования и реализации прикладных программных модулей с использованием современных сред разработки и отладки.

### *Изучаемые объекты дисциплины:*

Методы и среды разработки прикладного программного обеспечения.

## **Вид учебной работы:**

### *Модуль 1 Компоненты микропроцессорных систем управления*

Классификация информационно-управляющих систем. Архитектура информационно-управляющих систем. Встраиваемые системы. Уровни архитектуры.

Компоненты и технологии нижнего уровня ВсС. Контроллеры и отладочные платы, Arduino, ESP32 и STM32.

Одноплатные микрокомпьютеры SoC. Операционные системы. Реальное время. Многопоточность, асинхронный ввод-вывод, синхронизация.

### *Модуль 2 Сетевые системы обработки и передачи информации. Первый и второй уровень ВсС.*

Сетевые протоколы локальных, промышленных и глобальных сетей. Промышленные сети и интерфейсы передачи данных. Беспроводные самоорганизующиеся Mesh-сети. Клиент-серверные системы.

Человек-машинный интерфейс HMI.SCADA-системы. Системы мониторинга работоспособности, системы безопасности. Технологии высокоуровневой обработки данных. Машинное обучение. Аппаратные AI-ускорители

### *Модуль 3 Распределенные информационные системы управления*

Базы данных: классификация, язык программирования SQL

Разработка программного обеспечения информационных систем. Паттерны разработки

Применение концепции IoT для разработки распределенных систем прикладного и системного программного обеспечения

### *Тематика примерных практических занятий*

1 Контроллеры семейства Arduino и ESP32. Загрузчик Bootloader и выполнение скетчей. Аналоговые и цифровые порты GPIO. Различия в архитектуре. Среда разработки Arduino IDE и VS Code

2 Контроллеры и отладочные платы STM32. Различия в архитектуре. Среда разработки Keil, STM32Cube.

3 Одноплатные микрокомпьютеры Raspberry PI и их аналоги на базе процессоров архитектуры RISK, Intel, NVidia. Использование операционных систем Desktop-класса для управления портами GPIO

4 Локальные проводные сети, локальные беспроводные сети, использование сетей сотовой связи для передачи данных, использование спутниковых систем передачи данных, системы глобального позиционирования GPS, GLONASS

5 Промышленные сети и интерфейсы передачи данных. Последовательные порты COM, UART, USB. Протоколы Modbus и Modbus TCP6 Беспроводные самоорганизующиеся Mesh-сети. Структура сети и способы управления сетевыми устройствами, коммутацией и маршрутизацией в сети. Создание сети на основе X-Вее, настройка устройств, создание шлюзового подключения к локальным сетям и компьютерам

7 Проектирование БД: нормализация предметной области, создание таблиц, ERD-диаграммы

8 Интерфейсы ADO для разработки программного обеспечения информацион-

ных систем

9 Использование облачных платформ для организации централизованной обработки данных. Настройка микроконтроллеров и сетевых плат расширения для подключения к облачным ресурсам

*Тематика примерных лабораторных работ*

Разработка программы управления датчиками в эмуляторе ARDUINO

Разработка программы управления датчиками в эмуляторе RASPBERRY PI

Разработка программы обработки сигналов с датчика GPS

Разработка программы двустороннего обмена данными по протоколу TCP с использованием библиотеки MQTT

Разработка схемы базы данных и выполнение SQL-операторов

Разработка программы, взаимодействующей с базой данных

Разработка программы управления микроконтроллером MXCHIP в эмуляторе Microsoft и анализ данных средствами облачной технологии Azure IoT

## 2.5.11 Человеко-машинное взаимодействие и оценка технологий

### **Аннотация:**

*Цель* - изучение теории и практики оценки технологий для проведения социально-гуманитарной экспертизы в области человеко-машинного взаимодействия.

*Задачи:*

- изучить философские, психологические и социологические концепции, которые важны для понимания, оценки и проектирования социальных роботов и автономных интеллектуальных агентов;
- осмыслить проблему интеграции роботов в общество;
- рассмотреть робототехнику в широком социально-культурном контексте;
- научиться применять методы оценки технологий и социально ответственного дизайна на практике;
- развивать критическое понимание влияния технологий искусственного интеллекта и робототехники на общество и человека;
- воспитание навыков ответственности инженера за судьбы техногенной цивилизации в контексте проблем робототехники.

*Изучаемые объекты дисциплины:*

Автономные интеллектуальные агенты, социальные роботы, взаимодействие человека и робота, социальная оценка технологий, ответственные инновации, ценностно-ориентированный дизайн.

### **Вид учебной работы:**

*Введение*

«Человеко-машинное взаимодействие и оценка технологий»: постановка проблемы, анализ ключевых понятий. В чем заключается новизна и уникальность данного курса?

*Раздел I. Человеко-машинное взаимодействие как междисциплинарное поле исследования.*

Тема 1. Человеко-машинное взаимодействие (человек и техника, человек и компьютер, человек и робот): история становления, этапы развития, методы исследования. Human-Robot Interaction (HRI) в контексте современных философских, психологических и социологических концепций.

Тема 2. HRI в социокультурном контексте. Происхождение понятия «робот». Восприятие роботов в различных культурах (на примере США, Японии, Китая, Германии и др.). Роботы в мифах массовой культуры. Специфика восприятия роботов в российско-советской культуре.

Тема 3. Поворот к социальной робототехнике: от навигации и манипуляции к социальному взаимодействию. Природа «социального» в контексте инженерных наук и философской антропологии. Критика ультраконсервативной парадигмы проектирования роботов. Робот как проактивный агент, а не пассивный механизм. «Поведение» роботов в сложной социальной среде. Технологический форсайт: будущие приложения в сервисной и коллаборативной робототехнике.

Тема 4. Феномен «зловещей долины» в HRI: критический анализ. Морфология и форма роботов. Влияние внешнего вида робота на процесс взаимодействия с человеком. антропоморфные роботы: про

et contra. Антропоморфизм и его роль в разработке социально интерактивных роботов. Современные научные теории о феномене «зловещей долины».

*Раздел II. Оценка технологий и социально ответственный дизайн.*

Тема 1. Теория и практика оценки технологий (Technology Assessment, TA): история становления, этапы развития, методы исследования. Оценка технологий как практика политического консультирования. Оценка технологий в общественных дебатах и RRI-подход. Критика технократизма и экспертократии в науке, технике, обществе. Новая архитектура участия и «гражданская наука».

Тема 2. Оценка технологий как часть творческого инженерного процесса. Инженерная этика и проблема ответственности. Ценностно ориентированный дизайн (Value Sensitive Design, VSD): концептуальный, эмпирический и технический уровни исследования. Этическое сопровождение в области технологий искусственного интеллекта и робототехники (изучение российских и международных кейсов).

Тема 3. Методология оценки технологий. Социально-гуманитарная экспертиза инновационных проектов. Принцип предосторожности и принцип неопределенности. Дезруптивные технологии и оценка рисков.

*Раздел III. Оценка технологий для человеко-машинного взаимодействия*

Тема 1. Этические аспекты человеко-машинного взаимодействия. Машинная этика: история, этапы развития. Три значения этики в области робототехники: 1) робоэтика как прикладная этика профессионального сообщества инженеров; 2) этика робототехники как моральный код в виде программного обеспечения; 3) этика роботов как этика искусственных моральных агентов. Два подхода к программированию социальных роботов: «сверху-вниз» (деонтология, консеквенциализм), «снизу-вверх» (этика добродетелей). Анализ современных гибридных подходов. «Клятва робототехника» Ли МакКоли (2007) и ее современные интерпретации.

Тема 2. Робот как автономный моральный агент. Как возможны морально компетентные роботы? Анализ схемы развития автономных моральных агентов С. Аллена и В. Уоллаха. Автономность и этическая чувствительность роботов: операционная мораль (действия машин полностью зависят от инженеров и потребителей), функциональная мораль (машины способны сами оценивать и отвечать на моральный вызов). Технологические границы функциональной морали: неявные этические агенты. Почему невозможны явные этические агенты? Человек и машина как гибридная система в антропологической перспективе.

Тема 3. Социально ответственный дизайн роботов в HRI. Осмысление принципов проектирования социальных роботов: принцип совместных технологий, принцип адаптации технологий к людям. RRI-подход как концептуальная основа: вовлечение в процесс разработки новых технологий всех заинтересованных сторон/социальных групп. Влияние ценностей и мировоззрения разработчиков на конечный продукт: критический анализ. Ценностно-ориентированный дизайн в области сервисной робототехники.

*Раздел IV. Прикладные исследования в HRI в контексте оценки технологий.*

Тема 1. Лабораторные эксперименты и полевые исследования в области HRI (изучение российских и зарубежных кейсов). Пользовательские исследования (User Study) в HRI для изучения поведения, потребностей и мотивации пользователей с помощью методов наблюдения, анализа задач и других методологий обратной связи. Моделирование социального поведения робота в HRI для эффективных социальных практик. Использование социальных роботов в музеях, отелях, торговых центрах и магазинах, в сфере образования, для ухода за пожилыми людьми и др. на основе изучения японских, европейских, американских, российских и др. кейсов.

Тема 2. Лабораторные эксперименты и полевые исследования с роботами Промобот. Роботы Промобот в HRI экспериментах (изучение кейсов). Влияние социокультурных факторов на отношение к роботам Promobot V.4, Robo-C в Пермском крае, России, мире. Социокультурные, этические и нормативно-правовые аспекты в контексте разработки устойчивой робототехники (на примере компании Промобот).

*Тематика примерных практических занятий*

1 Актуальные методы оценка технологий для робототехнических проектов.

2 Восприятие роботов в США и Японии: социокультурный анализ.

- 3 Рациональные автономные агенты как социальные компаньоны: pro et contra.
- 4 Человек и машина: новые принципы работы в эпоху искусственного интеллекта.
- 5 Три закона робототехники А.Азимова как предмет этической рефлексии.
- 6 Индустрия 5.0: умные фабрики и роботы.
7. Моральные машины: противоречие в терминах или отказ от человеческой ответственности?
8. Интеграция сервисных роботов в общество: барьеры и драйверы.
9. Этические ограничения и работа с персональными данными при проведении социально-психологических экспериментов: индивидуальное решение кейсов.
10. User study в исследованиях по HRI: анализ актуальных кейсов.
11. Ценностно-ориентированный дизайн в области сервисной робототехники.
12. Роль этических комиссий в организации и проведении социально-психологических экспериментов в области HRI.

## 2.5.12 Программирование промышленных контроллеров

### **Аннотация:**

*Цель* - Формирование комплекса знаний о назначении, функциях и архитектуре программируемых логических контроллеров (ПЛК), а также умений и навыков их конфигурирования и программирования для практического применения.

*Изучаемые объекты дисциплины:*

Программируемые логические контроллеры; языки и среды программирования промышленных контроллеров; особенности алгоритмизации промышленных контроллеров.

### **Вид учебной работы:**

*Модуль 1.* Назначение и функции промышленных контроллеров Архитектура промышленных контроллеров. Отличие промышленных контроллеров от других устройств сбора- передачи данных Типы промышленных контроллеров, технические и конфигурационные характеристики их модулей Типы данных в промышленных контроллерах. Источники/приемники данных ввода-вывода. Место контроллеров в концепции промышленной коммуникации. Конфигурирование промышленных контроллеров в соответствии с задачей. Требования, предъявляемые к промышленным контроллерам

*Модуль 2.* Особенности программирования промышленных контроллеров Языки программирования промышленных контроллеров. Особенности исполнения программ в промышленных контроллерах и связанные с этим языковые конструкции. Типовые алгоритмы обработки данных и управления, реализуемые в промышленных контроллерах

*Модуль 3.* Отладка программ в промышленных контроллерах. Отладка программ в промышленных контроллерах. Журнал работы. Коммуникационные возможности промышленных контроллеров. Коммуникационные контроллеры.

*Тематика примерных практических занятий*

1. Выбор и размещение промышленных контроллеров в соответствии с задачей.
2. Настройка параметров и адресного пространства модулей дискретного и аналогового ввода/вывода
3. Конфигурирование промышленных контроллеров.
4. Реализация простых алгоритмов управления на разных языках программирования промышленных контроллеров
5. Декомпозиция задачи программирования контроллера. Разработка пользовательских функциональных блоков.
6. Обработка сенсорной информации.
7. Реализация и отладка алгоритма обработки дискретной последовательности
8. Конфигурирование коммуникационного контроллера и диагностика соединения

## 2.5.13 Проектирование и конструирование автономных сервисных роботов

### **Аннотация:**

*Цель* - формирование комплекса знаний, умений и навыков в области проектирования и конструирования электромеханических систем автономных сервисных роботов.

### *Задачи:*

- изучение конструкций компонентов робототехнических систем;
- освоение методов проектирования и конструирования робототехнических систем и их компонентов.

### *Изучаемые объекты дисциплины:*

Мехатронные устройства, модули и машины; рабочие органы и приводные механизмы роботов; электрические машины; микромашины; исполнительные двигатели; электрические микромашины автоматических устройств; системы управления исполнительными электродвигателями; методы проектирования и конструирования исполнительных электродвигателей.

### **Вид учебной работы:**

#### *Модуль 1. Мехатроника и робототехника*

Основные понятия и определения Мехатронное устройство как электромеханическая система Мехатронные модули и мехатронные машины Мехатронный подход к проектированию

#### *Модуль 2. Проектирование электромеханических систем роботов*

Стадии проектирования Предпроектные работы Стадия технического задания Разработка концепции изделия Проектирование механической модели Прочие задачи проектирования

#### *Модуль 3. Электрические машины и электропривод*

Общие сведения Электрические машины Микромашины Электрические микромашины автоматических устройств Системы управления электроприводами Выбор типа и мощности двигателя в электроприводе

#### *Модуль 4. Кинематика и динамика электромеханической системы*

Общие сведения Прямая задача кинематики Обратная задача кинематик

#### *Тематика примерных практических занятий*

1. Расчет характеристик двигателя постоянного тока
2. Расчет характеристик асинхронного двигателя
3. Расчет характеристик синхронного двигателя
4. Расчет характеристик шагового двигателя
5. Расчет кинематической модели электромеханического объекта
6. Прямая задача кинематики
7. Обратная задача кинематики

#### *Тематика примерных лабораторных работ*

1. Исследование характеристик привода постоянного тока
2. Исследование характеристик привода переменного тока с асинхронным двигателем
3. Исследование характеристик привода переменного тока с синхронным двигателем
4. Исследование характеристик шагового двигателя
5. Моделирование кинематики электромеханического объекта

## 2.5.14 Навигация автономных сервисных роботов

### **Аннотация:**

*Цель* - формирование комплекса знаний, умений и навыков в области разработки программного обеспечения навигации мобильных сервисных роботов в помещении.

### *Задачи:*

- сформировать знания основ построения и функционирования систем навигации роботов;
- получить умения создания и отладки программного обеспечения систем навигации роботов;
- овладеть навыками программной реализации заданных алгоритмов управления в системах навигации роботов.

*Изучаемые объекты дисциплины:*

Навигационная система, метод навигации Счисление пути, метод навигации SLAM (одновременная локализация и построение карты), метод навигации Indoor GPS (GPS для помещений).

**Вид учебной работы:**

*Модуль 1. Разработка проекта на C для Windows навигации мобильного робота в помещении по методу Indoor GPS.*

*Модуль 2. Разработка приложения на C для Windows модели метода навигации SLAM.*

*Примерная тематика лабораторных работ*

1. Карта помещения
2. Разработка функции наведения на заданную точку сервисного робота PROMOBOT
3. Разработка функции перемещения в заданную точку сервисного робота PROMOBOT
4. Разработка автономной миссии робота-официанта для сервисного робота PROMOBOT
5. Разработка интерфейса пользователя и модели помещения
6. Разработка модели сканирования пространства помещения
7. Разработка модели сканирования пространства помещения во время движения

## **2.5.15 Разработка систем распознавания образов для автономных сервисных роботов**

**Аннотация:**

*Цель* - изучение основных видов систем технического зрения, применяемых в управляющих системах реального времени.

*Задачи:*

- изучить особенности аппаратных и программных средств технического зрения,
- освоить способы организации и проведения экспериментальных исследований в области систем технического зрения;
- рассмотреть методы обработки и преобразования изображений, реализуемые библиотекой OpenCV,
- научиться решать простые задачи распознавания образов на изображениях с использованием библиотеки OpenCV,
- изучение основных принципов представления результатов исследований, выполняемых в ходе разработки и отладки программного обеспечения систем технического зрения.

*Изучаемые объекты дисциплины:*

Системы технического зрения, методы обработки и преобразования изображений, библиотека OpenCV, методы распознавания образов на изображениях.

**Вид учебной работы:**

*Тема 1. Введение в системы технического зрения*

Понятие технического зрения. Задачи, решаемые посредством систем технического зрения (СТЗ). Области применения СТЗ. Способы работы с изображениями средствами OpenCV. Чтение данных из изображения, сохранение изображений, отображение изображений на экране. Способы представления изображений в памяти. Атрибуты изображений в OpenCV. Работа с кадрами видеопотока. Внесение изменений в отдельные пиксели изображений. Рисование простых геометрических фигур на изображении средствами OpenCV.

*Тема 2. Обработка изображений*

Форматы изображений. Полноцветные изображения, изображения в оттенках серого, бинарные изображения. Методы улучшения качества изображений. Морфологические преобразования. Методы сглаживания изображений. Свертка. Понятие гистограммы.

*Тема 3. Контурный анализ*

Понятие границ на изображении. Понятие контуров. Алгоритм Кэнни для поиска границ на изображении. Выделение контуров. Анализ атрибутов контуров. Определение данных об объектах на изображении на основе анализа контуров.

*Тема 4. Поиск образов на изображении*

Применение преобразования Хафа для поиска геометрических объектов на изображении. Идентификация линий и кругов на изображении с применением преобразования Хафа. Поиск объектов произвольной формы методом сравнения контура с контуром шаблона. Понятие поворота, переноса, масштабирования. Влияние способа представления изображения на скорость работы методов поиска.

#### *Перечень лабораторных работ*

1. Простейшие операции с видеопотоком с применением библиотеки OpenCV
2. Применение пороговых преобразований
3. Морфологическая обработка изображений
4. Анализ контуров при работе с изображениями
5. Поиск окружностей на изображении
6. Поиск фигур произвольной формы

#### *Перечень практических занятий*

1. Чтение, запись, отображение и изменение изображений с применением библиотеки OpenCV.
2. Использование рамок для применения фильтров к изображениям
3. Изменение изображений с помощью фильтров
4. Простые операции с границами и контурами
5. Поиск линий на изображении

## **2.5.16 Ценностно-ориентированное проектирование социальных роботов**

### ***Аннотация:***

*Цель* - изучение теории и практики оценки технологий для проведения социально-гуманитарной экспертизы в области ценностного проектирования социальных роботов.

#### *Задачи:*

- изучить философские, психологические и социологические концепции, которые важны для понимания, оценки и проектирования социальных роботов и автономных интеллектуальных агентов;
- осмыслить проблему интеграции роботов в общество;
- рассмотреть робототехнику в широком социально-культурном контексте;
- научиться применять методы оценки технологий и социально ответственного дизайна на практике;
- развивать критическое понимание влияния технологий искусственного интеллекта и робототехники на общество и человека;
- воспитание навыков ответственности инженера за судьбы техногенной цивилизации в контексте проблем робототехники.

#### *Изучаемые объекты дисциплины:*

Автономные интеллектуальные агенты, социальные роботы, взаимодействие человека и робота, социальная оценка технологий, ответственные инновации, ценностно-ориентированный дизайн.

### ***Вид учебной работы:***

#### *Введение*

Ценностно-ориентированное проектирование в социальной робототехнике: постановка проблемы, анализ ключевых понятий. В чем заключается новизна и уникальность данного курса?

#### *Раздел I. Человеко-машинное взаимодействие как междисциплинарное поле исследования.*

Тема 1 Человеко-машинное взаимодействие (человек и техника, человек и компьютер, человек и робот): история становления, этапы развития, методы исследования. Interaction (HRI) в контексте современных философских, психологических и социологических концепций. Происхождение понятия «робот». Восприятие роботов в различных культурах.

Тема 2 Феномен «зловещей долины» в HRI: критический анализ. Морфология и форма роботов. Влияние внешнего вида робота на процесс взаимодействия с человеком. Антропоморфные роботы: pro et contra. Антропоморфизм и его роль в разработке социально интерактивных роботов. Современные научные теории о феномене «зловещей долины».

## *Раздел II. Ценностно–ориентированный дизайн (Value-sensitive Design) и ответственные инновации.*

Тема 1 Ответственные инновации и оценка технологий. Оценка технологий технологическим детерминизмом и социальным конструктивизмом. Ответственные исследования и инновации (Responsible Research and Innovation, RRI): рациональное формирование технологий с учетом ценностей общества. Решение проблемы Коллингриджа (проблема управления технологиями).

Тема 2 Ценностно-ориентированный дизайн: теория и практика. Парадигма воплощенных ценностей в VSD. Концептуальный, эмпирический и технический уровни исследования. Определение ценностей. Методология VSD: анализ ценностей и выявление заинтересованных (стейкхолдеров). Концепция прямых и косвенных заинтересованных сторон.

## *Раздел III. Как возможна социально устойчивая и морально ответственная робототехника?*

Тема 1 Этические аспекты человеко-машинного взаимодействия. Машинная этика: история, этапы развития. Определение понятия «социальный робот». Робот как автономный моральный агент. Операционная мораль (действия машин полностью зависят от инженеров и потребителей), функциональная мораль (машины способны сами оценивать и отвечать на моральный вызов). Технологические границы функциональной морали: неявные этические агенты. Человек и машина как гибридная система антропологической перспективе.

Тема 2 Ценностно-ориентированное проектирование в социальной робототехнике. Ценностно-ориентированное проектирование социальных роботов в контексте технологий и RRI-подхода. Влияние ценностей и мировоззрения разработчиков на конечный продукт: критический анализ. Философское осмысление принципов проектирования социальных роботов: принцип совместных технологий, принцип адаптации технологий к людям. От ценностно-ориентированного дизайна к морально-ответственному дизайну.

## *Раздел IV. Прикладные исследования*

Тема 1 Анализ зарубежных и российских кейсов. Социальные роботы в контексте ценностно-ориентированного проектирования (на примере роботов по уходу за пожилыми людьми, образовательной робототехники, медицинских дронов и др.). Лабораторные эксперименты и полевые исследования с роботами Promobot V.4, RoboC. Концепция прикладного антропоморфизма в сервисной робототехнике (проект НИЦ «ЦОТ» ПНИПУ).

### *Тематика примерных практических занятий*

1. Ценностно-ориентированный дизайн в контексте оценки технологий и ответственных инноваций
2. Новое решение дилеммы Коллингриджа (на примере социальной робототехники)
3. 17 методов ценностно-ориентированного дизайна (общая характеристика)
4. Методы работы со стейкхолдерами в VSD (на примере Stakeholder Tokens)
5. Критический анализ зарубежных и отечественных кейсов по социальной
6. робототехнике (на выбор)
7. Ассистивная робототехника в контексте ценностно-ориентированного
8. проектирования: новые моральные вызовы
9. Роботы как искусственные моральные агенты
10. Интеграция сервисных роботов в общество: барьеры и драйверы.
11. Восприятие роботов в Европе, России, Азии: социокультурный анализ
12. Три закона робототехники А. Азимова как предмет этической рефлексии.
13. Принцип совместных технологий, принцип адаптации технологий к людям: философский анализ.
14. Новая парадигма проектирования: на пути к морально ответственной робототехнике.

## **3. Организационно - педагогические условия реализации программы**

В процессе изучения тем по данной образовательной программе используются следующие образовательные технологии: технологии тестирования, технологии проектного обучения, информационно-коммуникационные технологии, а также дистанционные образовательные технологии как в проведении лекционных, практических и лабораторных занятий, так и

самостоятельной работы, итоговой аттестации слушателей. Применение технологий и их сочетание определяется преподавателями, ведущими обучение по темам программы, самостоятельно.

Итоговая аттестация слушателей может проводиться в традиционном и/или дистанционном режиме.

ИКТ и дистанционные образовательные технологии применяются посредством работы слушателей и преподавателей на платформе кафедры АТ ПНИПУ:

- Личный кабинет слушателя программы – lk.at.pstu.ru
- Система управления образовательным контентом – online.at.pstu.ru
- Онлайн-лаборатория кафедры АТ на основе роботов Promobot
- Система видеоконференционной связи – zoom, bigbluebutton.pstu.ru, или иная система на усмотрение преподавателей.

Комплексное использование в учебном процессе всех вышеназванных технологий симулирует личностную, интеллектуальную активность, развивает познавательные процессы, способствует формированию профессиональных компетенций.

### 3.1. Учебно-методическое обеспечение программы

Учебно-методические материалы размещены на платформе онлайн-образования, доступной по адресу online.at.pstu.ru.

Учебные материалы доступны через библиотеку ПНИПУ – lib.at.pstu.ru.

### 3.2. Материально-технические условия реализации программы

| Наименование специализированных учебных помещений    | Вид занятий                        | Наименование оборудования, программного обеспечения             |
|--|------------------------------------|---|
| Лаборатория «Автономные сервисные роботы» кафедра АТ | Практические и лабораторные работы | АСР Promobot v4<br>Видеокамеры<br>Система навигации Marvel Mind |
| Лаборатория «Автономные сервисные роботы» кафедра АТ | Практические и лабораторные работы | Система виртуальной реальности                                  |

### Требования к рабочему месту слушателя при использовании дистанционных образовательных технологий:

- компьютер или мобильное устройство, подключенное к сети Интернет. Для участия в вебинарах желательно (но необязательно) наличие веб-камеры, обязательно наличие микрофона.

- программное обеспечение: Интернет-браузер актуальной версии (Internet Explorer, Mozilla Firefox, Google Chrome, Opera, Safari и т.д.).

### 3.3. Кадровый состав

Кадровое обеспечение программы реализуется кафедрой «Автоматика и телемеханика» ПНИПУ. Обучение ведут доктора и кандидаты наук с большим опытом преподавательской и научно-исследовательской деятельности в области разработки элементов робототехнических комплексов по соответствующим дисциплинам.

## 4. Оценка качества освоения программы

### 4.1. Формы аттестации

Формы текущей и промежуточной аттестации определяются ФОС дисциплин формирующих индивидуальную образовательную траекторию.

**Текущая аттестация** - устный опрос, собеседование, коллоквиум, письменные работы: тест, контрольная работа, эссе и иная творческая работа, отчет по лабораторным/практическим работам,

реферат, расчетно-графическое задание и др., в зависимости от фонда оценочных средств выбранных дисциплин).

**Промежуточная аттестация** - зачет по дисциплине учебного плана.

**Итоговая аттестация – итоговый экзамен.**

#### **4.2. Оценочные материалы**

Оценочные материалы включают типовые задания, контрольные работы, примерный перечень контрольных вопросов, тесты и методы контроля, позволяющие оценить приобретенные знания, умения и навыки и сформированные компетенции.

Оценочные методические материалы включают:

- программы текущего контроля и промежуточной аттестации,
- программы зачетов по отдельным дисциплинам,
- требования к содержанию, объему и структуре итогового экзамена,
- критерии оценки знаний слушателей на аттестационных испытаниях.

Программы аттестации максимально приближены к условиям (требованиям) профессиональной деятельности слушателей. В качестве внешних экспертов привлекаются работодатели и профильные специалисты.

Для формирования фондов оценочных средств для всех видов аттестации используются современные способы и формы оценивания слушателей, включая создание единой информационной среды с электронными формами контроля и оценки.

#### **4.3. Порядок проведения итогового экзамена**

Итоговый экзамен проводится в форме выполнения теоретических и практических заданий с использованием дистанционных образовательных технологий. Для каждого слушателя формируется индивидуальный вариант задания, включающий в себя вопросы и практические задания из фондов оценочных средств каждой из выбранных для изучения дисциплин. Полный перечень заданий приведен непосредственно в фондах оценочных средств.

Слушатель входит в систему OpenEdx за 10 минут до начала итоговой аттестации, подтверждает свою личность с помощью ввода личных логина и пароля от своей учетной записи. Ему выводится на экран контрольные задания. Слушатель в течение 3 академических часов готовит конспект ответов и загружает их в своем личном кабинете. По истечению указанного времени комиссия заслушивает ответы каждого слушателя, которым разрешается использование конспекта ответа. После ответов всех слушателей комиссия на закрытом заседании оценивает каждого по четырехбалльной системе:

- правильно выполнены все задания: оценка "отлично";
- правильно выполнены все задания, кроме одного: оценка "хорошо";
- правильно выполнены все задания, кроме двух: оценка "удовлетворительно";
- в остальных случаях: оценка "неудовлетворительно";

Итоговая аттестационная комиссия принимает решение об освоении слушателями программы при наличии положительной оценки (отлично, хорошо, удовлетворительно).

По окончании программы обучения слушателям, успешно прошедшим итоговую аттестацию, выдается удостоверение о переподготовке.

## 5. Составители программы

Составители программы:

Южаков А.А., д.т.н., профессор, зав. кафедрой АТ (раздел 3)

Фрейман В.И., д.т.н., доцент, профессор кафедры АТ (раздел 4)

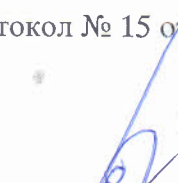
Андриевская Н.В., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры МСА (раздел 2)

Каменских А.Н., канд. техн. наук, доцент кафедры АТ (раздел 1)

Сторожев С.А., ассистент кафедры АТ (раздел 2)

Программа обсуждена на заседании кафедры АТ. Протокол № 15 от 27.06.2022 г.

Зав. кафедрой АТ

  
\_\_\_\_\_ А.А. Южаков

СОГЛАСОВАНО

Заместитель начальника УМУ

  
\_\_\_\_\_ И.Л. Герасимчук

### Пример экзаменационного билета

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

- 1 Аналитические и экспериментальные методы построения математических моделей объектов и систем управления робототехническим комплексом.
- 2 Системы группового управления мобильными роботами.
- 3 Практическое задание.

#### Примеры практических заданий итогового экзамена

1. Разработать алгоритм исследования системы управления двигателем постоянного тока по задающему воздействию и по компенсации нагрузочного момента, который возникает после 10 с работы двигателя, рисунок 1.

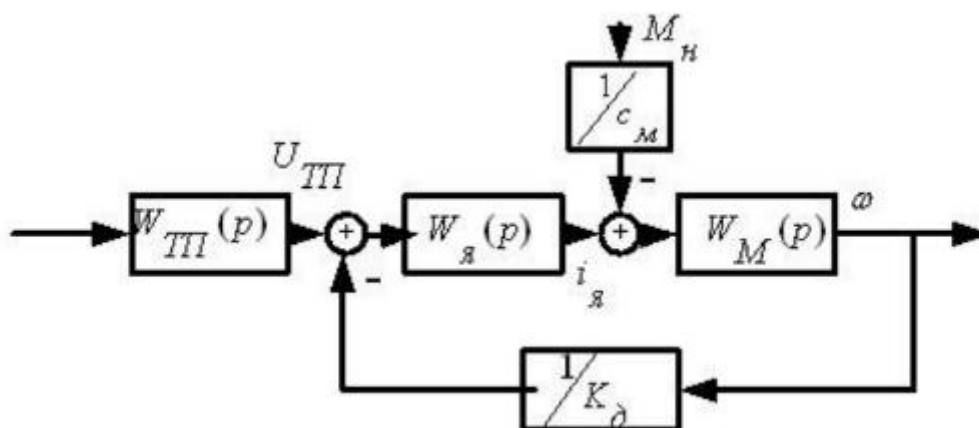


Рисунок 1 – пример практического задания по расчету двигателя мобильного робота

2. Разработать систему управления автомобильным стеклоочистителем, работа которого настраивается в зависимости от интенсивности дождя. Предложить способы математического описания данной схемы с помощью прикладных пакетов моделирования Simulink
3. Разработка функции перемещения в заданную точку сервисного робота PROMOBOT
4. Разработка модели сканирования пространства помещения во время движения