

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования  
Научно-технологический университет «Сириус»  
(АНО ВО «Университет «Сириус»)  
Научный центр информационных технологий и искусственного интеллекта

СОГЛАСОВАНО  
Ученым советом

АНО ВО «Университет «Сириус»  
(протокол от «03» августа 2021 г. № 05)



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРАКТИКИ

**Научно-исследовательская практика**

*название практики*

**Уровень высшего образования:**

*магистратура*

**Направление подготовки (специальность):**

**01.04.02 Прикладная математика и информатика**

*(код и название направления/специальности)*

**Направленность (профиль):**

**Математическая робототехника и искусственный интеллект**

*название направленности (профиля)*

**Форма обучения:**

*очная*

*(очная / очно-заочная / заочная)*

федеральная территория «Сириус» - 2021 г.

## 1. Общая характеристика практики

- 1.1. Вид практики: учебная
  - 1.2. Тип практики: практика по получению первичных профессиональных умений и навыков
  - 1.3. Способ проведения практики: стационарная
  - 1.4. Форма проведения практики: дискретная, в соответствии с календарным учебным графиком
  - 1.5. Цель практики: формирование у обучающихся необходимых знаний и практического опыта работы с промышленными роботами
  - 1.6. Задачи практики: ознакомление обучающихся с принципами управления промышленными роботами и спецификой методов разработки программного обеспечения для таких роботов.
  - 1.7. Язык проведения практики: русский.
8. Результаты обучения при прохождении практики, соотнесенные с формируемыми компетенциями

Формируемые компетенции (код компетенции, формулировка)	Индикаторы
ЛК-4. Способен к взаимодействию в команде при решении профессиональных задач	ЛК-4.2. Учитывает точку зрения членов команды при решении профессиональных задач
ПК-5. Способен реализовывать алгоритмы на актуальных языках программирования.	ПК-5.9. Умеет программировать промышленные манипуляторы в интерактивном режиме
ПК-6. Способен применять специализированное математическое обеспечение при выполнении научных исследований и разработок	ПК-6.4. Умеет программировать движения манипуляторов, используя специализированное математическое обеспечение ПК-6.5. Владеет навыками программирования роботов с использованием низкоуровневого доступа к контроллеру робота

## 2. Объем и место практики в структуре образовательной программы

- 2.1. Объем практики

Общая трудоемкость практики составляет 8 з.е. (288 ак. часа), из которых 154 ак. часов составляет контактная работа студента с преподавателем, 134 ак. часа составляет самостоятельная работа студента.

2.2. Место практики в структуре образовательной программы

*Практика входит в раздел «Научно-исследовательская работа и практики».*

*Согласно учебному плану, графику учебного процесса, практика проводится во втором семестре.*

*Практика реализуется после изучения дисциплин:*

- 1) Математические основы робототехники;
- 2) Введение в разработку, создание и тестирование робототехнических приложений;
- 3) Основы программирования на C++;
- 4) Основы программирования на Python.

### 3. Структура практики

№ п/п	Наименование разделов/этапов/тем	В том числе			Форма текущего контроля
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), ак. часы из них	Самостоятельная работа обучающегося, ак. часы		
		Лекции	Практические занятия	<b>Всего</b>	
1	<b>Введение.</b> Краткое описание курса, предлагаемых проектов	2	2	4	2

	- лабораторных работ и введение в планирование проектов, документирование и представление результатов. Основы техники безопасности и работы с промышленными роботами и другим техническим оборудованием, а также базовое обслуживание.								
2	Программирование движений робота с помощью пульта FlexPendant. Программирование на языке RAPID. Работа с файлами, типы данных, инструменты, рабочие объекты, грузы. Тестирование программ.	2	6	8	6		6	Выполнение лабораторной работы под контролем преподавателя.	
3	Программирование робота с помощью RobotStudio и удаленное программирование с помощью RobotStudio Online	2	6	8	6		6	Выполнение лабораторной работы под контролем преподавателя.	
4	Работа со схватом. Программирование цифровых входов и выходов. Захват и транспортировка объекта в заданную точку.	2	10	12	10		10	Выполнение лабораторной работы под контролем преподавателя.	

5	<p>Программирование операций со сложным сценарием. Перегрузка деталей из одной паллеты в другую.</p>	2	10	12	10	<p>Выполнение лабораторной работы под контролем преподавателя.</p>
6	<p>Управление роботом YuMI. Координация движений манипуляторов при совместной переноске объекта с удерживающим захватом обоими манипуляторами.</p>	2	12	14	12	<p>Выполнение лабораторной работы под контролем преподавателя.</p>
7	<p>Управление роботом YuMI. Координация движений манипуляторов при совместной переноске крупногабаритного объекта без удерживающего захвата.</p>	2	12	14	12	<p>Выполнение лабораторной работы под контролем преподавателя.</p>
8	<p>Управление роботом IRB 2400 с использованием сило-моментного датчика. Программирование работа с использованием расширения команд Integrated Force Control. Измерение сил и моментов при удержании крупногабаритного массивного груза.</p>	2	14	18	16	<p>Выполнение лабораторной работы под контролем преподавателя.</p>

9	<p>Пакет программ RobotWare Machining. Программирование с FlexPendant.</p> <p>Программирование с RAPID. Обработка желаемого силового воздействия на поверхность. Движение в силовом контакте с поверхностью с заданной скоростью.</p>	2	20	22	20	Выполнение лабораторной работы под контролем преподавателя.
10	<p>Шлифовка заготовки.</p> <p>Программирование с помощью пакета RobotWare Machining.</p>	2	20	22	20	Выполнение лабораторной работы под контролем преподавателя.
11	<p>Управление с использованием низкоуровневого доступа к контроллеру робота (RGM Position Guidance).</p> <p>Построение траекторий.</p> <p>Построение регулятора.</p> <p>Проведение эксперимента по повышению скорости движения по заданной траектории.</p>	2	20	22	20	Выполнение лабораторной работы под контролем преподавателя.
	Промежуточная аттестация					<b>зачет</b>
	<b>Итого</b>	22	132	154	134	

#### 4. Формы отчетности по практике

Для проверки качества прохождения практики и, в первую очередь, полученных знаний, умений и навыков, в течение 3 дней после окончания практики, обучающийся должен представить отчеты о выполнении лабораторных работ.

#### 5. Текущий контроль и промежуточная аттестация

Текущий контроль по практике осуществляется в формах выполнения лабораторных работ на промышленных роботах.

Промежуточная аттестация по практике проводится в форме проверки письменных отчетов о выполненных лабораторных работах.

5.1. Требования к структуре и содержанию фонда оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по практике

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по практике, представлены в таблице

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
Лабораторная работа	Выполнение лабораторных работ по управлению промышленными роботами  Оценочные средства текущего контроля	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Программирование движений робота с помощью пульта FlexPendant и на языке RAPID.</li><li>2. Программирование движения робота в системе RobotStudio.</li><li>3. Программирование захвата и транспортировки объекта в заданную точку.</li><li>4. Перегрузка деталей из одной паллеты в другую.</li><li>5. Координация движений двух манипуляторов при совместной переноске объекта с удерживающим захватом обоими манипуляторами.</li></ol>

		<p>6. Координация движений манипуляторов при совместной переноске крупногабаритного объекта без удерживающего захвата.</p> <p>7. Измерение сил и моментов при удержании крупногабаритного массивного груза.</p> <p>8. Движение в силовом контакте с поверхностью с заданной скоростью.</p> <p>9. Шлифовка заготовки.</p> <p>10. Управление с использованием низкоуровневого доступа к контроллеру робота.</p>
Оценочные средства промежуточной аттестации		
<b>Зачет</b>	Письменные отчеты о выполненных лабораторных работах	Перечень практических заданий и требования по оформлению отчета

### 5.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине:

Для оценивания результатов обучения обучающийся представляет отчеты о выполнении лабораторных работ, содержащий постановку задачи, описание предложенного метода ее решения, описание и текст программы, реализующей этот метод, и описание результатов экспериментов.

Оценка «зачтено» выставляется в случае утверждения не менее семи отчетов из десяти лабораторных работ. В противном случае выставляется оценка «не зачтено».

### 6. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости

1. Используя джойстик пульта FlexPendant осуществить движение: а) по осям робота, б) по координатам рабочего объекта, в) по координатам инструмента.



2. Используя язык программирования RAPID написать программы для: а) управление свободой робота, б) движения TCP робота по заданной прямой, в) приведения инструмента к заданной ориентации.
3. Используя пакет RobotStudio Online осуществить программирование для: а) управление движением робота по координатам инструмента, б) управления изменением скорости движения по траектории, в) управления движения с учетом полезной нагрузки.
4. Используя язык программирования RAPID написать программы для координации движений двух манипуляторов робота YuMi при совместной переноске объекта а) с удерживающим захватом обоими манипуляторами, б) без удерживающего захвата.
5. Используя язык программирования RAPID написать программу для перегрузки деталей из одной паллеты в другую.
6. Использование расширенный набор команд Integrated Force Control запрограммировать подъем и удержание крупногабаритного массивного груза. Провести измерение сил и моментов при удержании.
7. Используя пакет программ RobotWare Machining, запрограммировать с помощью FlexPendant отработку манипулятором желаемого силового воздействия на поверхность.
8. Использование низкоуровневый доступ к контроллеру робота осуществить перемещение TCP в заданную точку с повышенной по отношению к использованию стандартных методов управления: а) точностью позиционирования, б) скоростью перемещения, в) плавностью перемещения.

#### **7. Типовые оценочные средства для промежуточной аттестации**

При оценке отчетов о выполненных лабораторных работах используются следующие критерии:

- 1) наличие исчерпывающего описания решаемой задачи,
- 2) полнота описания метода решения задачи,
- 3) правильность представленной программы,
- 4) успешность проведенных экспериментов.

#### **8. Методические указания для обучающихся**

**При выполнении лабораторных работ необходимо строго соблюдать правила техники безопасности!**

Значительная часть времени по дисциплине отведена на самостоятельную работу. Основными задачами самостоятельной работы являются:

- проработка учебного материала (по конспектам и технической литературе, а также материалов из открытых источников);
- планирование и выполнение лабораторных работ, включающее в себя решение поставленной задачи, составление

программ и проведение экспериментов;

- выполнение лабораторных работ рекомендуется выполнять, объединяясь в небольшие группы по 2 — 4 человека для совместной работы;
- подготовка отчетов о проделанной работе и полученных результатах.

## **9. Методические рекомендации для преподавателей**

Изучение дисциплины предусматривает ориентацию на лабораторную и самостоятельную работу студентов в форме мини проектов, имитирующих выполнение технических задач автоматизации производственных процессов. Для проведения лабораторных работ рекомендуется объединять студентов в небольшие группы по 2 - 4 человека для совместной работы на оборудовании.

## **10. Ресурсное обеспечение**

10.1. Кадровое обеспечение

Преподаватель имеющий профильное образование и опыт работы в робототехнической лаборатории.

10.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы студентов по дисциплине:

см. пункты 10.3 и 10.4

10.3. Перечень основной учебной литературы:

1. Инструкция к пакету RobotStudio  
<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3HAC032104-001&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
2. Описание пакета RobotStudio  
<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3HAC026932-001&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
3. Инструкция к пульту FlexPendant <http://rovarc.cimr.pub.ro/docs/OpIRC5FP.pdf>
4. Описание пакета низкоуровневого доступа к контроллеру  
<https://abb.sluzba.cz/Pages/Public/OmniCoreRoboticsDocumentationRW7/Controllers/RobotWare/en/3HAC073318-001.pdf>

10.4. Перечень дополнительной учебной литературы:

1. Справочник по языку RAPID

<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107046A8697&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

2. Инструкции по разработке приложений на языке RAPID

<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107046A8697&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

3. Описание робота IRB 2400

<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3HAC042195-001&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

4. Описание робота IRB 1600

<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3HAC023604-001&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

5. Описание робота IRB 14000 (YuMi)

<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3HAC052982-001&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

10.5. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. Учебные видеоматериалы ABB по использованию RobotStudio <https://new.abb.com/products/robotics/robotstudio/tutorials>

10.6. Описание материально-технической базы:

10.6.1. Аудиторный фонд и оборудование:

№ п.п	Вид аудитории	Технические средства и оборудование (кол-во)	Расходные материалы (кол-во)
1.	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Три большие меловые или маркерные доски. Большой экран для проекции слайдов и видео.	Мел или маркер 15 шт.

2.	Компьютерный класс для проведения практических занятий	Меловая или маркерная доска. Большой экран для проекции слайдов и видео.	Мел или маркер 15 шт.
----	--	--	-----------------------

10.6.2. Оборудование для лабораторных и практических занятий:

№ п.п.	Тип оборудования	Характеристика	Кол-во
1.	ABB робот IRB-1600 ( <a href="https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-1600">https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-1600</a> )	Промышленный робот-манипулятор с грузоподъемностью 10 кг	2
2.	ABB робот IRB-2400 ( <a href="https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-2400">https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-2400</a> )	Промышленный робот-манипулятор с грузоподъемностью 16 кг	1
3.	ABB робот IRB-14000 (YuMi) ( <a href="https://new.abb.com/products/robotics/collaborative-robots/irb-14000-yumi/irb-14000-yumi-data">https://new.abb.com/products/robotics/collaborative-robots/irb-14000-yumi/irb-14000-yumi-data</a> )	Робот с двумя манипуляторами грузоподъемностью 0.5 кг. Робот предназначен для безопасной работы совместно с человеком.	1

АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «СИРИУС»

(АНО ВО «УНИВЕРСИТЕТ «СИРИУС»)

Научный центр информационных технологий и искусственного интеллекта

СОГЛАСОВАНО  
Ученым советом

АНО ВО «Университет «Сириус»

(протокол от «03» августа 2021 г. № 05)



УТВЕРЖДАЮ

Руководитель отдела по учебно-методической работе

АНО ВО «Университет «Сириус»

Г.В. Федоров

«04» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРАКТИКИ**

***Преддипломная практика***

*название практики*

**Уровень высшего образования:**

*магистратура*

**Направление подготовки (специальность):**

***01.04.02 Прикладная математика и информатика***

*(код и название направления/специальности)*

**Направленность (профиль):**

***Математическая робототехника и искусственный интеллект***

*название направленности (профиля)*

**Форма обучения:**

*очная*

*(очная / очно-заочная / заочная)*

федеральная территория «Сириус» - 2021 г.

## 1. Общая характеристика практики

- 1.1. Вид практики: учебная
- 1.2. Тип практики: практика по получению первичных профессиональных умений и навыков
- 1.3. Способ проведения практики: стационарная
- 1.4. Форма проведения практики: дискретная, в соответствии с календарным учебным графиком
- 1.5. Цель практики: формирование у обучающихся необходимых знаний и практического опыта разработки систем управления неполноприводными роботами
- 1.6. Задачи практики: ознакомление обучающихся с принципами управления неполноприводными роботами и спецификой методов разработки программного обеспечения для таких роботов.
- 1.7. Язык проведения практики: русский.
8. Результаты обучения при прохождении практики, соотнесенные с формируемыми компетенциями

Формируемые компетенции (код компетенции, формулировка)	Индикаторы
ЛК-3. Способен адаптироваться к изменяющимся условиям при решении профессиональных задач	ЛК-3.1. Применяет результаты анализа внешних и внутренних факторов при выборе средств решения профессиональных задач
ПК-1. Способен применять современные математические методы для решения практических задач.	ПК-1.9. Знает методы математического моделирования робототехнических систем
ПК-4. Способен разрабатывать и применять наукоемкое алгоритмическое обеспечение.	ПК-4.8. Умеет строить регуляторы для стабилизации движений роботов
ПК-5. Способен реализовывать алгоритмы на актуальных языках программирования.	ПК-5.7. Умеет моделировать системы управления на языке Питон
	ПК-5.8. Умеет реализовывать программы на микропроцессорах на языке C++

## **2. Объем и место практики в структуре образовательной программы**

### **2.1. Объем практики**

*Общая трудоемкость практики составляет 10 з.е.(360 ак. часа), из которых 182 ак. часа составляет контактная работа студента с преподавателем, 178 ак. часа составляет самостоятельная работа студента.*

### **2.2. Место практики в структуре образовательной программы**

*Практика входит в раздел «Научно-исследовательская работа и практики».*

*Согласно учебному плану, графику учебного процесса, практика проводится в четвертом семестре.*

*Практика реализуется после изучения дисциплин:*

- 1) Математические основы робототехники;
- 2) Введение в разработку, создание и тестирование робототехнических приложений;
- 3) Основы программирования на C++;
- 4) Основы программирования на Python;
- 5) Введение в техническое зрение и обработку изображений;
- 6) Численные методы нелинейной и выпуклой оптимизации;
- 7) Частотные методы исследования систем;
- 8) Программирование встроенных систем управления;
- 9) Неполноприводные механические системы.

### 3. Структура практики

№ п/п	Наименование разделов/этапов/тем	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, ак. часы	Форма текущего контроля
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), ак. часы из них			Всего		
		Лекции	Практические занятия				
1	Введение. Краткое описание курса, предлагаемых проектов - лабораторных работ и введение в планирование проектов, документирование и представление результатов. Основы техники безопасности при работе с установкой робот «бабочка».	2	2	4	-		
2	Знакомство с установкой робот «бабочка». Механика и система управления приводом вращающимся направляющим. Построение модели системы. Синтез регулятора для стабилизации скорости вращения. Программирование встроенного контроллера управления приводом на языке C++. Проведение эксперимента на установке.	4	16	20	24	Выполнение лабораторной работы под контролем преподавателя.	



3	<p>Идентификация механических параметров вращающихся частей робота «бабочка». Построение модели системы. Получение экспериментальных данных. Идентификация без использования обратной связи. Одношаговая и двухшаговая идентификация с использованием стабилизирующей обратной связи. Несимметричная модель трения. Идентификация коэффициентов сухого трения. Преобразование модели с использованием компенсации сухого трения и обратной связи. Проведение экспериментов на установке.</p>	4	16	20	24	<p>Выполнение лабораторной работы под контролем преподавателя.</p>
4	<p>Орбитальная стабилизация неравномерного вращения направляющей. Реализация измерения скорости вращения в дискретном времени. Фильтр Калмана. Определение точности измерения скорости. Построение регулятора для орбитальной стабилизации вращения направляющей с заданной зависимостью скорости от угла поворота. Описание регулятора в дискретном времени. Реализация системы управления на микропроцессоре. Проведение экспериментов на установке.</p>	4	16	20	24	<p>Выполнение лабораторной работы под контролем преподавателя.</p>

5	<p>Стабилизация программного движения направляющей. Построение ПД регулятора при помощи задания полюсов замкнутой системы. Настройка коэффициентов ПИД регулятора методом Зиглера-Никольса. Построение Н-2 и Н-бесконечность оптимальных регуляторов. Реализация регуляторов на микропроцессоре. Проведение экспериментов на установке.</p>	4	16	20	24	Выполнение лабораторной работы под контролем преподавателя.
6	<p>Использование видеокамеры в системе управления робота. Модели геометрических преобразований объектов при отображении видеокамерой. Методы калибровки внутренних и внешних параметров камеры. Применение методов компьютерного зрения для определения положения объекта манипулирования на направляющей робота. Реализация алгоритма компьютерного зрения на встроенном компьютере робота в реальном времени. Проведение экспериментов на установке.</p>	10	24	34	34	Выполнение лабораторной работы под контролем преподавателя.
7	<p>Моделирование динамики робота «бабочка». Построение регулятора, стабилизирующего заданный</p>	6	20	26	26	Выполнение лабораторной работы

	уровень энергии системы. Линеаризация уравнений робота «бабочка» в окрестности положения равновесия. Стабилизация неустойчивого положения равновесия шарика с помощью линейной обратной связи. Реализация алгоритмов на встроенном микропроцессоре. Проведение экспериментов на установке.						под контролем преподавателя.
8	Поиск реализуемых перекачиваний шарика по направляющей робота. Построение трансверсальной линеаризации динамики робота «бабочка» вдоль вынужденного движения. Стабилизация линейной системы с периодическими коэффициентами, описывающей трансверсальную линеаризацию. Стабилизация одностороннего перекачивание шарика по направляющей робота «бабочка». Реализация алгоритма стабилизации на встроенном микропроцессоре. Проведение экспериментов на установке.	10	28	38	38		Выполнение лабораторной работы под контролем преподавателя.
	Промежуточная аттестация						зачет
	<b>Итого</b>	44	138	182	178		

#### 4. Формы отчетности по практике

Для проверки качества прохождения практики и, в первую очередь, полученных знаний, умений и навыков, в течение 3 дней после окончания практики, обучающийся должен представить отчеты о выполнении лабораторных работ.

#### 5. Текущий контроль и промежуточная аттестация

Текущий контроль по практике осуществляется в формах выполнения лабораторных работ на установке робот «бабочка»».

Промежуточная аттестация по практике проводится в форме проверки письменных отчетов о выполненных лабораторных работах.

5.1. Требования к структуре и содержанию фонда оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по практике

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по практике, представлены в таблице

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
Лабораторная работа	Оценочные средства текущего контроля Выполнение лабораторных работ на установке робот «бабочка»	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Построение регулятора для стабилизации скорости вращения направляющей.</li><li>2. Идентификация механических параметров вращающихся частей робота «бабочка».</li><li>3. Орбитальная стабилизация неравномерного вращения направляющей.</li><li>4. Стабилизация программного движения направляющей.</li><li>5. Использование видеокамеры в системе управления робота.</li><li>6. Построение регулятора стабилизирующего заданный уровень энергии системы и регулятора</li></ol>

		стабилизирующего неустойчивое положение равновесия шарика. 7. Стабилизация одностороннего перекачивание шарика по направляющей робота «бабочка».
Оценочные средства промежуточной аттестации		
<b>Зачет</b>	Письменные отчеты о выполненных лабораторных работах	Перечень практических заданий и требования по оформлению отчета

### 5.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине:

Для оценивания результатов обучения обучающийся представляет отчеты о выполнении лабораторных работ, содержащий постановку задачи, описание предложенного метода ее решения, описание и текст программы, реализующей этот метод, и описание результатов экспериментов.

Оценка «зачтено» выставляется в случае утверждения не менее пяти отчетов из семи лабораторных работ. В противном случае выставляется оценка «не зачтено».

### 6. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости

1. Привести описание алгоритма одношаговой идентификации параметров робота «бабочка».
2. Привести описание метода Зиглера-Никольса настройки коэффициентов ПИД регулятора.
3. Описать применение фильтра Калмана для оценки скорости вращения направляющей.
4. Описать метод калировки внутренних параметров камеры.
5. Описать метод построение регулятора, стабилизирующего заданный уровень энергии системы.
6. Дать описание метода поиска реализуемых перекачиваний шарика по направляющей робота.
7. **Типовые оценочные средства для промежуточной аттестации**

При оценке отчетов о выполненных лабораторных работах используются следующие критерии:

- 1) наличие исчерпывающего описания решаемой задачи,

- 2) полнота описания метода решения задачи,
- 3) правильность представленной программы,
- 4) успешность проведенных экспериментов.

## **8. Методические указания для обучающихся**

### **При выполнении лабораторных работ необходимо строго соблюдать правила техники безопасности!**

Значительная часть времени по дисциплине отведена на самостоятельную работу. Основными задачами самостоятельной работы являются:

- проработка учебного материала (по конспектам и методическому пособию, а также по материалам из открытых источников);
- планирование и выполнение лабораторных работ, включающее в себя решение поставленной задачи, составление программ и проведение экспериментов;
- выполнение лабораторных работ рекомендуется выполнять, объединяясь в небольшие группы по 2 — 4 человека для совместной работы;
- подготовка отчетов о проделанной работе и полученных результатах.

## **9. Методические рекомендации для преподавателей**

Изучение дисциплины предусматривает ориентацию на лабораторную и самостоятельную работу студентов в форме мини проектов, представляющих небольшие по объему самостоятельные исследования. Для проведения лабораторных работ рекомендуется объединять студентов в небольшие группы по 2 - 4 человека для совместной работы на оборудовании. При выполнении проектов студенты используют знания, полученные в ходе изучения других дисциплин.

## **10. Ресурсное обеспечение**

### **10.1. Кадровое обеспечение**

Преподаватель имеющий профильное образование и опыт работы с неполопроиводными системами.

### **10.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы студентов по дисциплине:**

Практика базируется на теоретическом материале дисциплин, перечисленных в 2.2. При выполнении лабораторных работ следует использовать конспекты лекций и учебную литературу этих дисциплин.

### 10.3. Перечень основной учебной литературы:

1. Разработанное компанией «Роботикум» учебное пособие: С.В.Гусев, М.О.Суров, Л.Б.Фрейдovich, А.С.Ширяев. «Лабораторные работы на экспериментальной установке робот «бабочка»».
2. M. Surov, A. Shiriaev, L. Freidovich, S. Gusev, L. Paramonov "Case study in non-prehensile manipulation: planning and orbital stabilization of one-directional rollings for the "Butterfly" robot"- 2015 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2015, pp. 1484-1489
3. A. S. Shiriaev, L. B. Freidovich and S. V. Gusev, "Transverse Linearization for Controlled Mechanical Systems With Several Passive Degrees of Freedom," in IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 55, no. 4, 2010, pp. 893-906.
4. A. Shiriaev, J. W. Perram and C. Canudas-de-Wit, "Constructive tool for orbital stabilization of underactuated nonlinear systems: virtual constraints approach," in IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 50, no. 8, 2005, pp. 1164-1176.

### 10.4. Перечень дополнительной учебной литературы:

1. Szeliski, Computer Vision: Algorithms and Applications, Springer, 2010 (online draft)
2. Hartley and Zisserman, Multiple View Geometry in Computer Vision, Cambridge University Press, 2004

### 10.5. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. Документация к OpenCV <https://opencv.org>
2. MATLAB пакет по машинному зрению <https://www.mathworks.com/products/computer-vision.html>
3. MATLAB генератор кода для микропроцессоров <https://www.mathworks.com/products/embedded-coder.html>

### 10.6. Описание материально-технической базы:

#### 10.6.1. Аудиторный фонд и оборудование:

№ п.п.	Вид аудитории	Технические средства и оборудование (кол-во)	Расходные материалы (кол-во)

1.	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Три большие меловые или маркерные доски. Большой экран для проекции слайдов и видео.	Мел или маркер 15 шт.
2.	Компьютерный класс для проведения практических занятий	Меловая или маркерная доска. Большой экран для проекции слайдов и видео.	Мел или маркер 15 шт.

10.6.2. Оборудование для лабораторных и практических занятий:

№ п.п.	Тип оборудования	Характеристика	Кол-во
1.	Робот «бабочка»	Экспериментальная установка	2



АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «СИРИУС»

(АНО ВО «УНИВЕРСИТЕТ «СИРИУС»)

Научный центр информационных технологий и искусственного интеллекта

СОГЛАСОВАНО

Ученым советом

АНО ВО «Университет «Сириус»

(протокол от «03» августа 2021 г. № 05)



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Уровень высшего образования:

*магистратура*

Направление подготовки (специальность):

*01.04.02 Прикладная математика и информатика*

*(код и название направления/специальности)*

Направленность (профиль):

*Математическая робототехника и искусственный интеллект*

*название направленности (профиля)*

Форма обучения:

*очная*

*(очная / очно-заочная / заочная)*

Федеральная территория «Сириус» - 2021 г.

## 1. Общая характеристика научно-исследовательской работы (НИР)

1.1. Место научно-исследовательской работы (НИР) в структуре основной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО):  
 НИР входит в раздел «Научно-исследовательская работа и практики».

Согласно учебному плану, графику учебного процесса, НИР проводится в три этапа во втором, третьем и четвертом семестрах.

1.2. Цели НИР: формирование у обучающихся навыков выполнения научных исследований в области робототехники и искусственного интеллекта.

1.3. Задачи НИР: ознакомление обучающихся с задачами, методами и этапами научного исследования; требованиями предъявляемыми к результатам исследования; формами отчетности и публичного представления результатов исследования.

1.4. Результаты НИР, соотнесенные с формируемыми компетенциями

Формируемые компетенции (код компетенции, формулировка)	Индикаторы
ЛК-1. Способен определять нестандартные решения профессиональных задач в заданных условиях	ЛК-1.3. Предлагает альтернативные варианты решения поставленных задач
ПК-7. Способен планировать и реализовывать научно-исследовательские работы и разработки.	ПК-7.7. Демонстрирует системное понимание области исследования, умеет составлять план работы и предлагать методы решения поставленных задач ПК-7.8. Умеет использовать экспериментальное оборудование для получения научных данных

## 2. Объем и содержание научно-исследовательской работы

2.1. Объем НИР в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся:

№ п/п	Наименование раздела/этапа НИР	Семестр	Трудоемкость		Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), ак. часы	Самостоятельная работа обучающегося, ак. часы	
			з.е.		

1	Первый этап	2	4	8	136	Еженедельные отчеты перед научным руководителем. Защита работы на заседании комиссии в конце семестра.
2	Второй этап	3	6	12	204	Еженедельные отчеты перед научным руководителем. Защита работы на заседании комиссии в конце семестра.
3	Третий этап	4	8	16	272	Еженедельные отчеты перед научным руководителем. Защита работы на заседании комиссии в конце семестра.
<b>Итого:</b>			18	36	612	

## 2.2. Содержание НИР:

НИР по каждому из трех этапов должна соответствовать требованиям к содержанию, сформулированным в п.5.1. По результатам работы над каждым этапом НИР обучающийся готовит отчет в соответствии с требованиями, изложенными в п.5.3.

## 3. Критерии и процедуры оценивания результатов научно-исследовательской работы обучающегося:

Зачет по НИР проходит в конце семестра в форме защиты работы на заседании аттестационной комиссии, назначенной решением руководителя направления «математическая робототехника и искусственный интеллект». Защита включает выступление обучающегося с докладами о выполненной работе и краткие отзывы научных руководителей. Обучающиеся, не представившие отчет о НИР, к защите не допускаются и получают оценку «не зачтено». Оценка «зачтено» выставляется решением комиссии, если в работе достигнуты поставленные цели исследования, в противном случае выставляется оценка «не зачтено».

#### **4. Фонд оценочных средств**

Темы НИР, утвержденные на заседании коллектива направления «математическая робототехника и искусственный интеллект» в начале семестра.

#### **5. Методические указания для обучающихся по составлению отчетов по НИР**

##### **5.1. Требования к содержанию НИР:**

НИР должна быть посвящена изучению новой проблемы, должна содержать достоверные теоретические или экспериментальные результаты выводы о практическом значении полученных результатов.

##### **5.2. Требования к структуре НИР:**

НИР должна содержать постановку изучаемой проблемы, анализ известных результатов по проблеме, формулировку предлагаемого подхода к исследованию проблемы с анализом его отличия от известных методов, предлагаемую методику исследования, верификацию полученных результатов. НИР должна содержать либо точное математическое решение проблемы, содержащее доказательство полученных результатов, либо экспериментальное исследование на реальных объектах или с помощью компьютерного моделирования. Проверка достоверности полученных результатов может осуществляться с помощью натурального эксперимента или с помощью моделирования.

##### **5.3. Оформление научно-исследовательских работ:**

Отчет о проведенном исследовании должен содержать: обзор публикаций, имеющих отношение к теме НИР, постановку задачи исследования, решение математической задачи или описание предлагаемого метода экспериментального исследования и результатов экспериментов, проверку полученных результатов с помощью натуральных экспериментов или математического моделирования, выводы и рекомендации по использованию полученных результатов. Результаты исследования должны быть представлены в наглядной форме с использованием рисунков и графиков, когда это уместно. В приложения отчета должны быть включены тексты и описания использованных программ.

#### **6. Ресурсное обеспечение**

##### **6.1. Кадровое обеспечение НИР:**

Руководителями НИР могут быть преподаватели и научные сотрудники, имеющие степень кандидата наук.

##### **6.2. Перечень учебно-методического обеспечения НИР обучающихся:**

Перечень учебно-методического обеспечения НИР определяет научный руководитель индивидуально.

##### **6.3. Перечень основной учебной литературы:**

Перечень литературы определяет научный руководитель индивидуально.

6.4. Перечень дополнительной учебной литературы:

Перечень литературы определяет научный руководитель индивидуально.

6.5. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» определяет научный руководитель индивидуально.

6.6. Описание материально-технической базы:

1) компьютерные классы университета «Сириус»;

2) лаборатория робототехники университета «Сириус», оснащенная промышленными роботами-манипуляторами IRB 1600 – 2 шт., IRB 2400, IRB 14000 (YuMi), имеющим два манипулятора, и двумя лабораторными установками «робот бабочка», предназначенными для исследования алгоритмов управления неполноприводными роботами.

АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «СИРИУС»

(АНО ВО «УНИВЕРСИТЕТ «СИРИУС»)

Научный центр информационных технологий и искусственного интеллекта

СОГЛАСОВАНО  
Ученым советом

АНО ВО «Университет «Сириус»  
(протокол от «03» августа 2021 г. № 05)



УТВЕРЖДАЮ

Руководитель отдела по учебно-методической работе  
АНО ВО «Университет «Сириус»

Г.В. Федоров

2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Научно-исследовательский семинар**

наименование дисциплины

**Уровень высшего образования:**

*магистратура*

*бакалавриат, специалитет, магистратура, аспирантура*

**Направление подготовки (специальность):**

*01.04.02 Прикладная математика и информатика*

*код и название направления/специальности*

**Направленность (профиль):**

*Математическая робототехника и искусственный интеллект*

*код и название направления/специальности*

**Форма обучения:**

*очная*

*очная / очно-заочная / заочная*

Федеральная территория «Сириус» - 2021 г.

## 1. Общая характеристика дисциплины

1.1. Место образовательного дисциплины в структуре основных профессиональных образовательных программ высшего образования (ОПОП ВО): уровень образования: магистратура;

направление подготовки: 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»;

направленность (профиль): «Математическая робототехника и искусственный интеллект» (далее – образовательная программа);

часть ОП (обязательная часть/часть, формируемая участниками образовательных отношений): обязательная;

форма реализации (очная, дистанционная): очная с возможностью применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

1.2. Описание взаимосвязи образовательного дисциплины с другими, реализующимися в АНО ВО «Университет «Сириус» образовательными модулями, образовательными программами, научными исследованиями и проектами:

Входит в обязательную часть программы по профилю «Математическая робототехника и искусственный интеллект». В рамках ОПОП ВО дисциплина реализуется в третьем семестре.

Изучению дисциплины в рамках ОПОП ВО предшествует изучение дисциплин: математические основы робототехники, введение в теорию вероятностей и математическую статистику, методы моделирования робототехнических систем, введение в техническое зрение и обработку изображений, методы управления движением робототехнических систем, численные методы нелинейной и выпуклой оптимизации.

Изучение дисциплины необходимо для освоения следующих дисциплин ОПОП ВО: научно-исследовательская работа, преддипломная практика.

1.3. Входные требования для освоения дисциплины: знание математического анализа, линейной алгебры, теории графов и теории экстремальных задач в объеме бакалавриата по направлению прикладная математика, владение математическими основами робототехники, основами теории вероятностей и математической статистики, численными методами оптимизации, основами моделирования робототехнических систем и обработки изображений.

1.4. Цель дисциплины: познакомить обучающихся с последними достижениями в области робототехники, используя современные публикации в профильных научных журналах и трудах конференций.

1.5. Задачи дисциплины: выработать у обучающихся умение читать и реферировать журнальные научные, осуществлять критический анализ реферируемого материала, структурировать и публично излагать краткое содержание публикаций, участвовать в научной дискуссии.

1.6. Язык преподавания: русский.

1.7. Результаты обучения по дисциплине, соотносённые с формируемыми компетенциями

Формируемые компетенции (код компетенции, формулировка)	Индикаторы
ЛК-2. Способен определять и транслировать профессиональное мнение на основе системы логических аргументов	ЛК-2.1. Излагает сформулированные идеи в формате тезисов с учетом специфики темы и аудитории ЛК-2.2. Определяет контраргументы в ходе дискуссии
ПК-7. Способен планировать и реализовывать научно-исследовательские работы и разработки.	ПК-7.6. Умеет анализировать, обобщать и публично представлять результаты выполненных научных исследований

## 2. Структура дисциплины

2.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:  
*объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, 108 ак. часов, из которых 48 ак. часа составляет контактная работа студента с преподавателем (семинарские занятия), 60 ак. часов составляет самостоятельная работа студента.*

2.2. Учебный план (структура дисциплины)

Занятия семинара проводятся в течении всего семестра один раз в неделю.

2.3. Содержание образовательного модуля (дисциплины), структурированное по темам (разделам):

Наименование разделов и тем дисциплины	В том числе	
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), ак. часы из них	Самостоятельная работа обучающегося, ак. часы
		Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
<b>Всего</b>		



	(ак. часы)	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	<b>Всего</b>		
Организационное заседание семинара. Формулировка целей семинара, обзор направлений исследований относящихся к тематике семинара, обсуждение организационных вопросов. Знакомление слушателей со списком публикаций, предлагаемых для реферирования. Распределение тем докладов.	2	-	-	-	2	-	2	-	
Заслушивание и обсуждение докладов участников семинара	106	-	-		46	-	46	60	Выступление с докладом на семинаре, участие в дискуссии.
Промежуточная аттестация									<b>зачет</b>
<b>Итого</b>	<b>108</b>				<b>48</b>		<b>48</b>	<b>60</b>	

### **3. Текущий контроль и промежуточная аттестация**

#### **3.1. Требования к структуре и содержанию фонда оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

Текущий контроль осуществляется на каждом заседании семинара и состоит в заслушивании руководителем семинара докладов обучающихся и оценке степени владения излагаемым докладчиком материалом и полноты представленного доклада. В случае если руководитель семинара оценивает выступление как неудовлетворительное, участнику семинара необходимо выступить повторно с докладом на ту же или другую тему.

#### **3.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине:**

Для получения оценки «зачтено» по дисциплине обучающемуся необходимо сделать два успешных доклада на семинаре, представить руководителю семинара тексты рефератов докладов и участвовать во всех заседаниях семинара.

### **4. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости**

Руководитель семинара предлагает для реферирования свежие статьи из ведущих журналов или опубликованные тексты докладов на крупных международных научных конференциях по робототехнике, теории управления и искусственному интеллекту.

### **5. Дополнительные методические указания для обучающихся**

Методические рекомендации по организации учебной работы обучающегося направлены на повышение эффективности его аудиторной и самостоятельной работы по дисциплине.

В реферативном докладе необходимо привести постановку решаемой в реферированном источнике задачи, сформулировать основные полученные результаты, изложить теоретическое или экспериментальное обоснование результатов, сравнить реферлируемые результаты с известными и оценить степень их новизны и практического значения.

При участии в семинаре в качестве слушателя необходимо активно участвовать в обсуждении доклада, задавать вопросы в случае возникновения неясностей, высказывать свое мнение о ценности реферлируемой публикации.

### **6. Дополнительные методические рекомендации для преподавателей**

Руководителю семинара рекомендуется при выборе публикаций для реферирования учитывать направления исследования обучающихся, в частности можно предложить обучающимся самим выбрать одну публикацию для реферирования. На семинарских занятиях рекомендуется вовлечение аудитории в активное обсуждение излагаемого материала и его расширение вопросами и предложениями по тематике обсуждения. Часть семинарского занятия рекомендуется резервировать на обсуждение обучающимися излагаемого материала, достоинств и недостатков излагаемых методов и подходов. Приветствуется итоговое обсуждение в режиме brainstorm, где обучающимся предоставляется возможность поделиться идеями по применению и развитию материала, в том числе в связи с выполняемыми ими проектами.

### **7. Ресурсное обеспечение**

#### **7.1. Кадровое обеспечение**

Руководитель программы: А.С.Ширяев кандидат физико-математических наук, научный руководитель направления «Математическая робототехника и искусственный интеллект» АНО ВО «Университет «Сириус».

Автор программы:

Гусев С.В., кандидат физико-математических наук, профессор направления «Математическая робототехника и искусственный интеллект» АНО ВО «Университет «Сириус».

7.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы студентов по дисциплине:

В часы самостоятельной работы студенты используют интернет-ресурсы, ресурсы библиотеки АНО ВО «Университет «Сириус» и материалы, предоставляемые руководителем семинара.

7.3. Перечень основной учебной литературы:

В качестве учебной литературы при проведении семинара используются ведущие периодические издания и труды крупных международных научных конференций по робототехнике, теории управления и искусственному интеллекту. Ниже приведен перечень рекомендуемых источников.

1. The International Journal of Robotics Research
2. IEEE Transactions on Robotics
3. IEEE Transactions on Automatic Control
4. Robotics and Autonomous Systems
5. IEEE Robotics and Automation Letters
6. Journal of Intelligent & Robotic Systems
7. Journal of Field Robotics
8. Automatica
9. IEEE Transactions on Control Systems Technology
10. Proceedings IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)
11. IEEE conference on decision and control (CDC)
12. IFAC Proceedings Volumes

7.4. Перечень дополнительной учебной литературы:

Материалы из источников, не указанных в п. 7.3, по выбору руководителя семинара.

7.5. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

Все указанные в п. 7.3 издания доступны в сети интернет.

7.6. Описание материально-технической базы:

7.6.1. Аудиторный фонд и оборудование:

№ п.п.	Вид аудитории	Технические средства и оборудование (кол-во)	Расходные материалы (кол-во)
1.	Учебная аудитория для проведения семинарских занятий	Две большие меловые или маркерные доски. Большой экран для проекции слайдов с возможностью проведения видеоконференций.	Мел или маркер 20 шт.

7.6.2. Оборудование для лабораторных и практических занятий: отсутствует

7.7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения:

1. Программы Zoom или MS Teams для проведения видеоконференций.