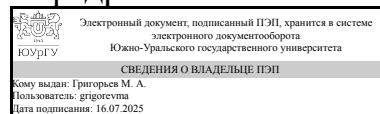


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



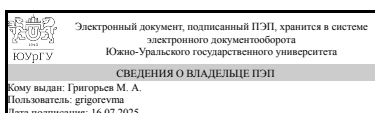
М. А. Григорьев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П1.05 Программирование систем безопасности в робототехнических комплексах
для направления 15.03.06 Мехатроника и робототехника
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Управление промышленными роботами и манипуляторами
форма обучения очная
кафедра-разработчик Электропривод, мехатроника и электромеханика

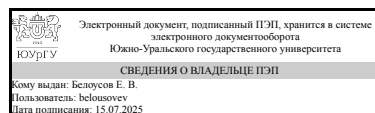
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 17.08.2020 № 1046

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., проф.



М. А. Григорьев

Разработчик программы,
к.техн.н., доцент



Е. В. Белоусов

1. Цели и задачи дисциплины

Цель: Сформировать у обучающихся компетенции в области проектирования, разработки и верификации программных систем безопасности для робототехнических комплексов (РТК), обеспечивающих их устойчивую работу в условиях внешних угроз и внутренних сбоев. Задачи дисциплины: 1. Изучить принципы построения и архитектуру систем безопасности РТК. 2. Освоить методы программирования критически важных компонентов: обработка сенсорных данных, управление аварийными режимами, защита от кибератак. 3. Сформировать навыки реализации алгоритмов безопасности в реальных робототехнических платформах. 4. Научить применять стандарты функциональной безопасности при разработке ПО. 5. Развить умения тестировать и верифицировать системы безопасности.

Краткое содержание дисциплины

Дисциплина фокусируется на разработке программного обеспечения для обеспечения безопасности робототехнических систем (промышленных, мобильных, коллаборативных). Студенты изучают методы защиты РТК от физических, программных и сетевых угроз, осваивая проектирование, кодирование и верификацию критически важных систем. Дисциплина объединяет робототехнику, программирование и стандарты безопасности, готовя специалистов для создания надёжных РТК, способных работать в условиях неопределённости и угроз.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-8 Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов	Знает: Классификацию и источники чрезвычайных ситуаций техногенного происхождения; причины, признаки и последствия опасностей, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций; принципы организации безопасности труда на предприятии с применением программных средств. Умеет: Поддерживать безопасные условия жизнедеятельности; обеспечивать условия труда на рабочем месте; выявлять признаки, причины и условия возникновения чрезвычайных ситуаций; оценивать вероятность возникновения потенциальной опасности и принимать меры по ее предупреждению. Имеет практический опыт: По проведению аттестации рабочих мест по условиям труда, в том числе методику оценки условий труда и травмобезопасности, а также в инструктировании подчиненных работников (персонала) по вопросам техники безопасности на рабочем месте с учетом специфики выполняемых работ.

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Нет	Охрана труда и техника производственной безопасности, Защита окружающей среды в промышленном производстве, Безопасность жизнедеятельности

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Нет

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 58,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		5
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	85,5	85,5
Изучение нормативной базы Анализ стандартов: ISO 13849, IEC 61508, ISO/TS 15066. Задание: Сравнение требований к ПО для промышленных и коллаборативных роботов.	12	12
Предварительные расчёты Оценка времени реакции системы для лабораторной работы по E-Stop.	24	24
Тесты по теории Онлайн-тестирование на знание стандартов и классификации угроз.	25,5	25.5
Проектирование схем Разработка диаграмм состояний (UML) для аварийных сценариев.	24	24
Консультации и промежуточная аттестация	10,5	10,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Основы безопасности РТК	4	4	0	0
2	Программирование защитных механизмов	24	8	8	8
3	Киберзащита	16	4	4	8

4	Стандарты и тестирование	4	0	4	0
---	--------------------------	---	---	---	---

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1-2	1	Введение в безопасность РТК. Классификация угроз: механические, программные, сетевые. Примеры инцидентов и их последствия.	4
3-4	2	Архитектура систем безопасности. Многоуровневая защита (аппаратная, программная, сетевая). Реализация SIL (Safety Integrity Level).	4
5	2	Сенсоры безопасности и обработка данных. Лидары, ToF-камеры, датчики усилия. Фильтрация шумов, сенсорная фузия.	2
6	2	Алгоритмы принятия решений. Конечные автоматы для аварийных сценариев. Поведенческие деревья (Behavior Trees).	2
7-8	3	Кибербезопасность РТК. Уязвимости ROS/ROS2, защита каналов связи, шифрование данных.	4

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Анализ кейсов: разбор аварий на производственных РТК.	2
2	2	Проектирование архитектуры безопасности для мобильного робота.	2
3	2	Оценка рисков по методике HARA (Hazard Analysis and Risk Assessment).	2
4	2	Разработка диаграмм состояний для аварийных остановок.	2
5-6	3	Составление ТЗ на ПО согласно ISO 13849.	4
7-8	4	Прохождение пробного тестирования по стандартизации. Разбор ответов.	4

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1-2	2	Экстренная остановка (E-Stop) на базе Arduino/ROS. Программирование реакции на прерывание, тестирование задержек. Зоны безопасности в симуляторе Gazebo Реализация виртуальных "ковров безопасности" с использованием лидара.	4
3-4	2	Обход препятствий с гарантированным временем реакции. Алгоритмы на Python/C++ для UAV (роторные платформы). Защита ROS-топиков. Шифрование данных с использованием TLS, аутентификация узлов.	4
5-6	3	Коллаборативная сборка (UR5 + человек). Настройка FTS (Force-Torque Sensor) для остановки при контакте.	4
7-8	3	Тестирование системы методом "fuzzing". Инъекция ошибочных данных в сенсорные потоки. Верификация формальными методами. Моделирование в UPPAAL (проверка временных ограничений).	4

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на	Семестр	Кол-во

	ресурс		часов
Изучение нормативной базы Анализ стандартов: ISO 13849, IEC 61508, ISO/TS 15066. Задание: Сравнение требований к ПО для промышленных и коллаборативных роботов.	ПУМД: [Осн. лит., 2], с. 36-50, с. 54- 61, [Доп. лит., 1], с. 144 - 156, Программное обеспечение: [1], [2].	5	12
Предварительные расчёты Оценка времени реакции системы для лабораторной работы по E-Stop.	ПУМД: [Осн. лит., 1], с. 324-351, [Осн. лит., 2], с. 36-50, Программное обеспечение: [1], [2], Методические пособия для самостоятельной работы студента: [1].	5	24
Тесты по теории Онлайн-тестирование на знание стандартов и классификации угроз.	https://onlinetestpad.com/ru/tests/robotics	5	25,5
Проектирование схем Разработка диаграмм состояний (UML) для аварийных сценариев.	ЭУМД: УМО для СРС [1], с 3-6, Отечественные и зарубежные журналы по дисциплине: [1], Программное обеспечение: [1], [2], Методические пособия для самостоятельной работы студента: [1].	5	24

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	5	Промежуточная аттестация	Семестровая работа №1	-	5	5 Требования ISO выполнены, код документирован, тесты покрывают >90% угроз. 4 Незначительные отклонения от ТЗ, время реакции превышено на 10-15%. 3 Частичное соответствие стандартам, критические баги в 1-2 сценариях. 2 Отсутствие HARA-анализа, система не реагирует на ключевые угрозы.	экзамен
2	5	Текущий контроль	Аудиторная письменная работа	0,25	5	5 баллов начисляется, если приведены полные ответы на теоретические вопросы, выполнен анализ кейсов, верно решена задача на чтение кода. 4 балла начисляется, если выполнены два из трех приведенных выше заданий. 3 балла начисляется, если выполнено хотя бы одно из трёх заданий. 2 балла - если не выполнено ни одно задание.	экзамен
3	5	Текущий контроль	Аудиторная письменная	0,25	5	5 баллов начисляется, если приведены полные ответы на теоретические	экзамен

			работа 2			вопросы, выполнен анализ кейсов, верно решена задача на чтение кода. 4 балла начисляется, если выполнены два из трех приведенных выше заданий. 3 балла начисляется, если выполнено хотя бы одно из трёх заданий. 2 балла - если не выполнено ни одно задание.	
4	5	Текущий контроль	Аудиторная письменная работа №3	0,25	5	5 баллов начисляется, если приведены полные ответы на теоретические вопросы, выполнен анализ кейсов, верно решена задача на чтение кода. 4 балла начисляется, если выполнены два из трех приведенных выше заданий. 3 балла начисляется, если выполнено хотя бы одно из трёх заданий. 2 балла - если не выполнено ни одно задание.	экзамен
5	5	Текущий контроль	Аудиторная письменная работа №4	1	0,25	5 баллов начисляется, если приведены полные ответы на теоретические вопросы, выполнен анализ кейсов, верно решена задача на чтение кода. 4 балла начисляется, если выполнены два из трех приведенных выше заданий. 3 балла начисляется, если выполнено хотя бы одно из трёх заданий. 2 балла - если не выполнено ни одно задание.	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	К экзамену допускаются студенты, выполнившие все семестровые работы. Экзамен проводится в устной форме. Каждому студенту выдается билет с вопросом по одной из семестровых работ. Итоговый рейтинг студента рассчитывается на основе баллов, набранных обучающимся по результатам текущего контроля и определяется по формуле: $R_d = R_{тек}$. В случае, если студент хочет повысить свою оценку он вправе пройти процедуру экзамена, тогда итоговый рейтинг определяется по формуле: $R_d = 0,6 R_{тек} + 0,4 R_{па}$. Шкала перевода рейтинга в оценку: «Отлично» - $R_k = 85 \dots 100\%$; «Хорошо» - $R_k = 75 \dots 84\%$; «Удовлетворительно» - $R_k = 60 \dots 74\%$; «Неудовлетворительно» - $R_k = 0 \dots 59\%$.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ				
		1	2	3	4	5
УК-8	Знает: Классификацию и источники чрезвычайных ситуаций техногенного происхождения; причины, признаки и последствия опасностей, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций; принципы организации безопасности труда на предприятии с применением программных средств.	+		+	+	+
УК-8	Умеет: Поддерживать безопасные условия жизнедеятельности; обеспечивать условия труда на рабочем месте; выявлять признаки, причины и условия	+	+	+	+	+

	возникновения чрезвычайных ситуаций; оценивать вероятность возникновения потенциальной опасности и принимать меры по ее предупреждению.				
УК-8	Имеет практический опыт: По проведению аттестации рабочих мест по условиям труда, в том числе методику оценки условий труда и травмобезопасности, а также в инструктировании подчиненных работников (персонала) по вопросам техники безопасности на рабочем месте с учетом специфики выполняемых работ.	++		++	

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Карачик В. В. Ordinary differential equations : учеб. пособие по специальности 15.03.06 "Мехатроника и робототехника" : на англ. яз. / В. В. Карачик, Н. Д. Иванова ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Мат. анализ и методика преподавания математики ; ЮУрГУ. - Челябинск : Издательский Центр ЮУрГУ, 2021. - 124, [1] с.. URL: http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000570721

б) дополнительная литература:

1. Власов С. Н. Транспортные и грузозахватные устройства и робототехника : Учеб. для машиностроит. техникумов по специальности "Монтаж и эксплуатация металлообраб. станков и автомат. линий". - М. : Машиностроение, 1988. - 143 с. : ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Ступина Е.Е., Ступин А.А., Чупин Д.Ю., Каменев Р.В. С884 Основы робототехники: учебное пособие. — Новосибирск: Агентство «Сибпринт», 2019. — 160 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Ступина Е.Е., Ступин А.А., Чупин Д.Ю., Каменев Р.В. С884 Основы робототехники: учебное пособие. — Новосибирск: Агентство «Сибпринт», 2019. — 160 с.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Дополнительная литература	Образовательная платформа Юрайт	Архипов, М. В. Промышленные роботы: управление манипуляционными роботами : учебник для вузов / М. В. Архипов, М. В. Вартаков, Р. С. Мищенко. — 2-е изд., испр.

			и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 170 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11992-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт https://urait.ru/book/promyshlennyye-roboty-upravlenie-manipulyacionnymi-robotami-566378
--	--	--	---

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Atmel-AVRStudio(бессрочно)
2. Python Software Foundation-Python (бессрочно)
3. STMicroelectronics-STM32CubeMX(бессрочно)
4. Arduino LLC-Arduino IDE(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Экзамен	919 (3б)	Промышленные роботы-манипуляторы, мехатронные комплексы, Ethernet-сеть, лабораторные модули с отладочными платами микроконтроллеров.