

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Порохня Андрей Андреевич

Должность: И.о. директора института перспективной инженерии

Дата подписания: 19.06.2026 16:38:42

Уникальный программный ключ:

990bea3aeec48c23bd8699e48288f8d1960c600

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора института

А.А. Порохня
Ф.И.О.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программная инженерия встроенных систем для автономных платформ

Направление подготовки
Направленность (профиль)

09.03.04 Программная инженерия
Инженерия сложных программных
систем

Год начала обучения

2026

Форма обучения

очная

Реализуется в семестре

6

Разработано

Доцент _____ департамента _____ цифровых,
робототехнических систем и электроники
(должность разработчика)

Орлова Анна Юрьевна
Ф.И.О.

Ставрополь 2026 г.

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Формирование у студентов практических навыков разработки бортового программного обеспечения для автономных платформ: от продвинутой периферии микроконтроллера STM32 (DMA, ADC, энкодеры, UART) через алгоритмы слияния сенсоров (EKF) и взаимодействие МК–ОПК через micro-ROS до интеграции лидара, компьютерного зрения (YOLOv8) и полноценной автономной навигации (Nav2, SLAM).

~ Задачи освоения дисциплины:

~ Освоить продвинутую периферию STM32 (DMA+ADC, Encoder Mode, UART с DMA) и реализовать алгоритмы одометрии и слияния данных сенсоров (EKF).

~ Настроить взаимодействие STM32 и Raspberry Pi через UART и micro-ROS; освоить топики /odom и /cmd_vel в ROS 2-экосистеме.

~ Приобрести практические навыки работы с лидаром, камерой, YOLOv8, навигационным стеком Nav2 и SLAM в составе автономной платформы.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Программная инженерия встроенных систем для автономных платформ» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, и изучается обучающимися в 8 семестре.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-3 Владеет навыками разработки программного обеспечения: способен реализовывать алгоритмы, писать код на современных языках программирования, создавать клиент-серверные приложения и обеспечивать качество кода	ИД-1пк-3: Разрабатывает программное обеспечение встроенных систем на C (STM32 HAL): настраивает DMA+ADC, таймеры в режиме Encoder Mode, UART с DMA; реализует алгоритмы одометрии дифференциального привода и micro-ROS-узлы на STM32	Разрабатывает бортовое ПО на C для STM32: DMA+ADC, энкодеры, одометрия, UART-протокол с CRC, micro-ROS Publisher/Subscriber
ПК-3 Владеет навыками разработки программного обеспечения: способен реализовывать алгоритмы, писать код на современных языках программирования, создавать клиент-серверные приложения и обеспечивать качество кода	ИД-4пк-3: Пишет модульный, документированный код драйверов и ROS-узлов, соблюдая принципы разделения ответственности между слоями бортового ПО автономной платформы	Создаёт модульный код встроенных систем с чётким разделением слоёв драйверов, алгоритмов и интерфейсов связи
ПК-8 Способен адаптировать и применять методы	ИД-1пк-8: Выполняет слияние данных сенсоров (акселерометр, гироскоп,	Реализует комплементарный фильтр и EKF на STM32 для слияния данных MPU6050

искусственного интеллекта и машинного обучения для решения профессиональных задач, а также интегрировать AI-компоненты в программные продукты	энкодеры): реализует комплементарный фильтр и расширенный фильтр Калмана (EKF) для оценки ориентации и одометрии автономной платформы	(IMU) и энкодеров; анализирует качество оценки
ПК-8 Способен адаптировать и применять методы искусственного интеллекта и машинного обучения для решения профессиональных задач, а также интегрировать AI-компоненты в программные продукты	ИД-3пк-8: Интегрирует предобученные модели компьютерного зрения (YOLOv8n) в бортовую систему Raspberry Pi, публикует результаты детекции через ROS 2 и использует их для принятия навигационных решений	Разворачивает YOLOv8n на Raspberry Pi, публикует детекцию в ROS 2, реализует fusion лидара и камеры для избегания препятствий
ПК-9 Умеет оформлять техническую документацию, готовить презентации и отчёты, вести деловую коммуникацию на русском и иностранном языках в профессиональной сфере	ИД-1пк-9: Оформляет технические отчёты по лабораторным работам: описывает конфигурацию аппаратного стека, приводит листинги кода C/Python, осциллограммы, графики и скриншоты, формулирует выводы	Оформляет технические отчёты по лабораторным работам с листингами кода, измерениями и скриншотами результатов
ПК-9 Умеет оформлять техническую документацию, готовить презентации и отчёты, вести деловую коммуникацию на русском и иностранном языках в профессиональной сфере	ИД-2пк-9: Защищает результаты лабораторных работ и итоговый проект, аргументированно обосновывает выбор алгоритмов слияния сенсоров, архитектуру взаимодействия МК–ОПК и навигационные решения	Публично защищает итоговый автономный проект, обосновывает архитектурные и алгоритмические решения

4. Объем учебной дисциплины и формы контроля *

Объем занятий: всего: 5 з.е. 174 ак.ч.	ОФО, в астр. часах
Контактная работа:	108
Лекции/из них практическая подготовка	36
Лабораторных работ/из них практическая подготовка	72
Практических занятий/из них практическая подготовка	
Самостоятельная работа	66
Формы контроля	
Экзамен	

Зачет	
Зачет с оценкой	+
Расчетно-графические работы	
Курсовые работа	
Контрольные работы	

* Дисциплина (модуль) предусматривает применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием количества часов и видов занятий

№	Раздел (тема) дисциплины и краткое содержание	Формируемые компетенции, индикаторы	очная форма			
			Контактная работа обучающихся с преподавателем /из них в форме практической подготовки, часов			Самостоятельная работа, часов
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1	Раздел 1. Продвинутое периферия STM32 и слияние сенсоров DMA в режиме circular для непрерывного сбора АЦП (3 канала). Квадратурный энкодер в Encoder Mode: скорость и направление вращения. Одометрия дифференциального привода: (x, y, theta). Комплементарный фильтр для MPU6050 (I2C): угол наклона без дрейфа. EKF на STM32 (TinyEKF): слияние IMU и одометрии.	ИД-1пк-3, ИД-4пк-3, ИД-1пк-8	10		20	18
2	Раздел 2. Взаимодействие МК — ОПК и micro-ROS UART с DMA: бинарный протокол (заголовок, CRC16), передача одометрии с STM32 на Raspberry Pi (pySerial, struct.unpack). Прием cmd_vel: линейная/угловая скорость → ШИМ L298N, таймаут безопасности. ROS 2 Humble на Raspberry Pi: установка, micro-ROS агент (UART-транспорт). micro-ROS Publisher на STM32: топик /odom (nav_msgs/Odometry), кватернион.	ИД-1пк-3, ИД-4пк-3	8		16	16
3	Раздел 3. Лидар, компьютерное зрение и sensor fusion RPLIDAR A1: rplidar_ros, топик /scan (LaserScan), визуализация в	ИД-1пк-3, ИД-1пк-8, ИД-3пк-8	10		20	18

	RViz. Обнаружение препятствий по /scan: зона перед роботом, публикация cmd_vel. Pi Camera / USB-камера: OpenCV (Canny), cv_bridge, sensor_msgs/Image. YOLOv8n на Raspberry Pi: инференс, bounding boxes, /detection. Fusion лидара и камеры: совместная логика избегания препятствий.					
4	Раздел 4. PID-управление, навигация Nav2, SLAM и итоговый проект PID-регулятор скорости на STM32: таймер 100 Гц, anti-windup, Kp/Ki/Kd, логирование скоростей по UART. Полный стек Nav2: costmap, планировщики (A*, DWA), lifecycle_manager, загрузка карты, 2D Nav Goal в RViz. SLAM с slam_toolbox: teleop + сохранение карты. Итоговый проект: STM32 (одометрия+PID+micro-ROS) + Raspberry Pi (лидар+камера+YOLO+Nav2). Защита.	ИД-1пк-3, ИД-4пк-3, ИД-1пк-8, ИД-3пк-8, ИД-1пк-9, ИД-2пк-9	8		16	14
	ИТОГО за 6 семестр		36		72	66
	ИТОГО		36		72	66

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств (ФОС) по дисциплине (модулю) базируется на перечне осваиваемых компетенций с указанием индикаторов. ФОС обеспечивает объективный контроль достижения запланированных результатов обучения. ФОС включает в себя:

- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций (включаются в методические указания по тем видам работ, которые предусмотрены учебным планом и предусматривают оценку сформированности компетенций);
- типовые оценочные средства, необходимые для оценки знаний, умений и уровня сформированности компетенций.

ФОС является приложением к данной программе дисциплины.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Приступая к работе, каждый студент должен принимать во внимание следующие положения.

Дисциплина построена по тематическому принципу, каждая тема представляет собой логически завершённый раздел.

Практические занятия проводятся с целью закрепления усвоенной информации, приобретения навыков ее применения при решении практических задач в соответствующей предметной области.

Самостоятельная работа студентов направлена на самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовку к лабораторным занятиям, а также выполнения всех видов самостоятельной работы.

Для успешного освоения дисциплины, необходимо выполнить все виды самостоятельной работы, используя рекомендуемые источники информации.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

8.1.1. Перечень основной литературы:

1. Яковлев, А. Н. Проектирование встроенных систем на базе STM32 / А. Н. Яковлев. — Москва : ДМК Пресс, 2022. — 420 с. — ISBN 978-5-93700-132-6. — Текст : непосредственный.

2. Герки, М. Программирование роботов с ROS / М. Герки, Б. Герки, У. Прэтт ; пер. с англ. — Москва : ДМК Пресс, 2020. — 458 с. — ISBN 978-5-97060-842-5. — Текст : непосредственный.

8.1.2. Перечень дополнительной литературы:

Гудфеллоу, Я. Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, И. Бенжио, А. Курвилль ; пер. с англ. — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 652 с. — ISBN 978-5-97060-648-3. — Текст : непосредственный.

Программная инженерия встроенных систем для автономных платформ : учебное пособие / под ред. А. И. Петрова. — Ставрополь : Изд-во СКФУ, 2025. — 280 с. — Текст : непосредственный.

8.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

www.biblioclub.ru - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»

www.eLibrary.ru - Научная электронная библиотека

www.iprbookshop.ru - Электронно-библиотечная система IPRbooks

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

При чтении лекций используется компьютерная техника для демонстрации презентационных мультимедийных материалов. При проведении лабораторных работ используются персональные компьютеры с Ubuntu 22.04, STM32CubeIDE, ROS 2 Humble, micro-ROS, OpenCV, YOLOv8, Nav2, VS Code.

Информационные справочные системы:

Информационно-справочные системы: micro.ros.org, docs.ros.org, docs.ultralytics.com, navigation.ros.org.

1	https://micro.ros.org — официальная документация micro-ROS (доступен в РФ)
2	https://docs.ultralytics.com — официальная документация YOLOv8 (доступен в РФ)

Программное обеспечение:

1	STM32CubeIDE / STM32CubeMX — среда разработки для STM32
2	micro-ROS (rcl + micro-ROS Agent) — ROS 2 на микроконтроллере
3	ROS 2 Humble Hawksbill (Ubuntu 22.04 / RPi OS 64-bit)
4	OpenCV (opencv-python), Ultralytics YOLOv8 — компьютерное зрение
5	Nav2 (Navigation2), slam toolbox — навигация и картографирование
6	Visual Studio Code, GDB, CMake, Python 3

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения учебных занятий, оснащенная мультимедийным оборудованием и техническими средствами обучения.
Лабораторные работы	Учебная аудитория для проведения учебных занятий, оснащенная мультимедийным оборудованием и техническими средствами обучения.
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и возможностью доступа к электронной информационно-образовательной среде университета

11. Особенности освоения дисциплины (модуля) лицами с ограниченными возможностями здоровья

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, услуги ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано совместно с другими обучающимися, а также в отдельных группах.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

В целях доступности получения высшего образования по образовательной программе лицами с ограниченными возможностями здоровья при освоении дисциплины (модуля) обеспечивается:

1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
- письменные задания, а также инструкции о порядке их выполнения оформляются увеличенным шрифтом,
- специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы (имеющие крупный шрифт или аудиофайлы),
- индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс,
- при необходимости студенту для выполнения задания предоставляется увеличивающее устройство;

2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающемуся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
- обеспечивается надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;

3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата (в том числе с тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;
- по желанию студента задания могут выполняться в устной форме.

12. Особенности реализации дисциплины с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения

Согласно части 1 статьи 16 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» под *электронным обучением* понимается организация образовательной деятельности с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, обеспечивающих передачу по линиям связи указанной информации, взаимодействие обучающихся и педагогических работников. Под *дистанционными образовательными технологиями* понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников.

Реализация дисциплины может быть осуществлена с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично. Компоненты УМК дисциплины (рабочая программа дисциплины, оценочные и методические материалы, формы аттестации), реализуемой с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения, содержат указание на их использование.

При организации образовательной деятельности с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения могут предусматриваться асинхронный и синхронный способы осуществления взаимодействия участников образовательных отношений посредством информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

При применении дистанционных образовательных технологий и электронного обучения в расписании по дисциплине указываются: способы осуществления взаимодействия участников образовательных отношений посредством информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (ВКС-видеоконференцсвязь, ЭТ – электронное тестирование); ссылки на электронную информационно-образовательную среду СКФУ, на образовательные платформы и ресурсы иных организаций, к которым предоставляется открытый доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет»; для синхронного обучения - время проведения онлайн-занятий и преподаватели; для асинхронного обучения - авторы онлайн-курсов.

При организации промежуточной аттестации с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения используются Методические рекомендации по применению технических средств, обеспечивающих объективность результатов при проведении промежуточной и государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры с применением дистанционных образовательных технологий (Письмо Минобрнауки России от 07.12.2020 г. № МН-19/1573-АН "О направлении методических рекомендаций").

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется с использованием электронной информационно-образовательной среды СКФУ, к которой обеспечен доступ обучающихся через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет», или с использованием ресурсов иных организаций, в том числе платформ, предоставляющих сервисы для проведения видеоконференций, онлайн-встреч и дистанционного обучения (МТС-Линк), а также с использованием возможностей социальных сетей для осуществления коммуникации обучающихся и преподавателей.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины, реализуемой с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, включает

представленные в электронном виде рабочую программу, учебно-методические пособия или курс лекций, методические указания к выполнению различных видов учебной деятельности обучающихся, предусмотренных дисциплиной, и прочие учебно-методические материалы, размещенные в информационно-образовательной среде СКФУ.