

Автономная Некоммерческая Организация
Дополнительного Профессионального Образования
«Образовательные технологии Яндекса»

Утверждено _____

От « ____ » _____ 2026 года

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа
«Интеллектуальная робототехника с ROS 2»

Объем (трудоемкость) программы: 112 часов

Москва, 2026 год

Автономная Некоммерческая Организация
Дополнительного Профессионального Образования
«Образовательные технологии Яндекса»

Утверждено _____

От «_____» _____ 2026 года

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа

«Интеллектуальная робототехника с ROS 2»

Вид дополнительной общеобразовательной программы: дополнительная общеразвивающая программа (далее - ДООП, Программа).

Объем (трудоемкость) программы: 112 часов

Форма реализации ДООП (форма организации учебного процесса): дистанционная.

Наименование организации, в которой реализуется ДООП:
Автономная Некоммерческая Организация Дополнительного Профессионального Образования «Образовательные технологии Яндекса».

Категория слушателей: учащиеся общеобразовательных и средних специальных учебных заведений в возрасте от 13 до 20 лет.

Форма обучения: очно-заочная с применением дистанционных технологий.

Контроль за выполнением программы возлагается на руководителя программы.

Режим занятий: 4 академических часа в неделю

Язык ДООП: обучение производится на русском языке.

Руководитель программы _____ / Копылов И.С.

Автономная Некоммерческая Организация
Дополнительного Профессионального Образования
«Образовательные технологии Яндекса»

Утверждено _____

От « ____ » _____ 2026 года

УЧЕБНЫЙ ПЛАН

Дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программы

«Интеллектуальная робототехника с ROS 2»

Объем (трудоемкость) программы: 112 часов

№ п/ п	Наименование разделов, дисциплин	Трудоемкость				Форма контроля
		ВСЕ ГО в часах	Лекц ии	Практиче ские занятия	Контактн ая работа	
1	2	3	4			5
	Модуль 1. Основы ROS 2 и архитектуры	28	13	13	2	Практическое задание
	Модуль 2. Навигация и картографирован ие	28	13	13	2	Практическое задание

	Модуль 3. Компьютерное зрение и ИИ	24	11	11	2	Практическое задание
	Модуль 4. Речевое управление и интеграция	30	8	20	2	Практическое задание
	ВСЕГО:	110	45	57	8	
	Итоговая аттестация:					
	Защита проекта	2		2		Защита проекта
	ИТОГО:	112	45	59	8	

Руководитель программы

_____/Копылов И.С.

**Автономная Некоммерческая Организация
Дополнительного Профессионального Образования
«Образовательные технологии Яндекса»**

Утверждено _____

От «_____» _____ 2026 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программы

«Интеллектуальная робототехника с ROS 2»

Разработчики программы:

Копылов Иван Станиславович

Москва, 2026 год

1. ЦЕЛЬ, НОВИЗНА И АКТУАЛЬНОСТЬ ДООП

1. Цель ДООП:

Формирование у обучающихся компетенций в области интеллектуальной робототехники через создание автономного робота с голосовым управлением на базе ROS 2, способного понимать команды на естественном языке, распознавать объекты в окружающей среде и навигировать к заданным целям.

2. Задачи ДООП:

- обеспечить освоение обучающимися основ программирования в среде ROS 2 и принципов построения модульных робототехнических систем
- сформировать практические навыки работы с современными инструментами разработки (Docker, Git, системы виртуализации)
- развивать умения применять методы компьютерного зрения и машинного обучения для решения задач распознавания объектов
- способствовать формированию навыков интеграции различных компонентов робототехнической системы (навигация, восприятие, управление)
- стимулировать развитие системного и критического мышления при решении комплексных технических задач
- поддерживать развитие навыков командной работы и проектной деятельности
- расширять представления обучающихся о современных технологиях робототехники и искусственного интеллекта
- формировать умения создавать техническую документацию и презентовать технические решения

3. Актуальность программы:

Программа отвечает современным вызовам в области робототехники и искусственного интеллекта. ROS 2 является ведущей платформой для разработки робототехнических систем, используемой в промышленности, науке и образовании по всему миру. Интеграция голосового управления, компьютерного зрения и автономной навигации представляет собой актуальное направление развития интеллектуальных роботов.

Программа готовит обучающихся к профессиональной деятельности в быстроразвивающейся области робототехники, формируя востребованные компетенции работы с современными технологическими стеками. Практическая направленность курса и использование реального робототехнического оборудования обеспечивают приобретение применимых на практике навыков.

4. Планируемые результаты обучения: по окончании обучения слушатель должен:

Знать:

- архитектуру ROS 2: концепцию узлов, топиков, сервисов и действий
- принципы работы систем координат и трансформаций в робототехнике
- основы кинематики мобильных роботов и методы одометрии
- алгоритмы SLAM (одновременной локализации и картографирования)
- принципы работы навигационного стека Nav2 и планирования траекторий
- методы компьютерного зрения и нейросетевой детекции объектов
- основы интеграции облачных сервисов искусственного интеллекта
- принципы распознавания и синтеза речи

Уметь:

- создавать узлы ROS 2 на Python для управления робототехническими системами
- настраивать виртуальную среду разработки с использованием Docker
- работать с системами контроля версий Git для командной разработки
- программировать взаимодействие с сенсорами (лидары, камеры, IMU)
- настраивать алгоритмы SLAM для построения карт помещений
- конфигурировать навигационную систему для автономного движения робота
- применять нейросетевые модели для детекции и локализации объектов
- интегрировать API облачных сервисов Yandex Cloud в робототехнические системы
- создавать системы голосового управления роботом
- разрабатывать техническую документацию проектов

Владеть:

- навыками разработки модульных ROS 2 приложений
- методами отладки и тестирования робототехнических систем
- инструментами визуализации (RViz, Foxglove Studio)

- практикой работы с симуляторами Gazebo
- техниками командной разработки и распределения задач
- навыками системной интеграции различных компонентов
- методами решения технических проблем и поиска альтернативных решений

5. Уровень ДООП.

Базовый уровень. Программа предполагает использование и реализацию таких форм организации материала, которые допускают освоение специализированных знаний в области робототехники и программирования, обеспечивают трансляцию целостной картины современных технологий ROS 2, компьютерного зрения и автономной навигации. Программа гарантирует формирование практических навыков создания интеллектуальных робототехнических систем и предоставляет обучающимся доступ к профессиональным инструментам разработки.

1. СОДЕРЖАНИЕ ДООП (УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДООП)

1.1. Модуль 1. Основы ROS 2 и архитектуры (28 часов)

1. Занятие 1: Введение в проект

- Демонстрация образа финального проекта - автономного робота с голосовым управлением
- Обзор области применения робототехники в современном мире
- Знакомство с аппаратной платформой MicroROS-Pi5 Robot Car
- Базовое телеуправление роботом

Форма работы: лекция с демонстрацией

2. Занятие 2: Первое подключение к роботу

- Подключение к роботу по SSH
- Просмотр активных топиков: `ros2 topic list`, `ros2 topic echo`
- Просмотр видеопотока и данных датчиков в Foxglove
- Правила безопасности при работе с роботом

Форма работы: практическая работа

3. Занятие 3: Виртуальная среда разработки

- Настройка Docker-контейнера с ROS 2 Humble

- Основы работы с терминалом Linux
- Работа в VS Code с удаленным подключением к контейнеру
- Знакомство с системой сборки colcon

Форма работы: практическое занятие

4. Занятие 4: Настройка среды разработки

- Запуск Docker-контейнера с ROS 2 Jazzy
- Сборка пакета с помощью colcon build
- Проверка запуска узла через ros2 run
- Работа с VS Code Remote Container

Форма работы: практическое занятие

5. Занятие 5: Архитектура ROS 2

- Концепция узлов, топиков, сервисов в ROS 2
- Основные команды ros2 cli
- Визуализация системы в rqt_graph
- Знакомство с инструментом Foxglove Studio

Форма работы: лекция, практическая работа

6. Занятие 6: Разработка первых узлов

- Написание узла-публикатора (talker) на Python
- Написание узла-подписчика (listener) на Python
- Построение графа системы через rqt_graph
- Подписка на реальный топик /cmd_vel робота

Форма работы: практическая работа

7. Занятие 7: Создание узлов ROS 2

- Структура ROS 2 пакета
- Разработка Publisher/Subscriber на Python
- Создание пользовательских сообщений
- Launch-файлы для запуска системы

Форма работы: практическое занятие

8. Занятие 8: Разработка узлов мониторинга

- Создание узла `battery_node` (мониторинг батареи)
- Создание узла `distance_sensor` (ультразвуковой датчик)
- Запуск обоих узлов через `launch`-файл
- Верификация данных в Foxglove Studio

Форма работы: практическая работа

9. Занятие 9: Работа с аппаратурой

- Обзор сенсоров и актуаторов робота (Raspberry Pi 5, камера, лидар, IMU)
- Драйверы устройств в ROS 2
- Чтение данных с датчиков
- Управление двигателями через расширительную плату

Форма работы: практическое занятие

10. Занятие 10: Работа с датчиками

- Считывание данных с IMU (угловые скорости, ускорения)
- Считывание данных с энкодеров колёс
- Разработка `robot_controller.py` для управления скоростью
- Тестирование управления роботом по команде

Форма работы: практическая работа

11. Занятие 11: Системы координат и трансформации

- Фреймы координат в робототехнике
- Библиотека `tf2` для работы с трансформациями
- Визуализация в RViz
- URDF модели роботов

Форма работы: лекция, практическая работа

12. Занятие 12: Настройка TF и URDF

- Создание URDF-модели робота с основными компонентами

- Настройка TF broadcaster для публикации трансформаций
- Верификация корректности TF с помощью tf2_echo
- Визуализация системы координат в Foxglove

Форма работы: практическая работа

13. Сведения о промежуточной аттестации

Форма проведения: практическое задание

Описание, требования к выполнению: разработка системы узлов ROS 2 для управления роботом. Необходимо создать базовую архитектуру проекта в виртуальной среде, включающую узлы для чтения данных сенсоров и управления актуаторами. Создать URDF модель робота и настроить tf2 дерево трансформаций. Подготовить документацию архитектуры системы.

Критерии оценивания: корректность работы узлов ROS 2, правильность настройки систем координат, качество кода и документации, функциональность базовой системы управления

Количество попыток: 2

1.2. Модуль 2. Навигация и картографирование (28 часов)

1. Занятие 13: Кинематика и одометрия

- Математические основы движения мобильного робота
- Дифференциальная кинематика
- Колесная одометрия и источники ошибок
- Sensor fusion с IMU для улучшения точности

Форма работы: лекция, практические расчеты

2. Занятие 14: Калибровка одометрии

- Измерение wheel_radius и wheel_separation
- Написание slip_detector для обнаружения проскальзывания
- Сравнение чистой одометрии и EKF-фьюжн
- Анализ источников ошибок и точности

Форма работы: практические расчеты

3. Занятие 15: Лидары и обработка данных

- Принцип работы лидара MS200
- Обработка облаков точек
- Фильтрация и предобработка данных
- Визуализация лидарных данных в RViz

Форма работы: лекция, практическое занятие

4. Занятие 16: Работа с лидаром

- Разработка `free_space_detector.py` на основе данных лидара
- Улучшение кластеризации препятствий
- Настройка Foxglove layout для визуализации лидара
- Тестирование на реальных данных

Форма работы: практическое занятие

5. Занятие 17: SLAM: теория и алгоритмы

- Проблема одновременной локализации и картографирования
- Обзор алгоритмов SLAM (Grid-based, Graph-based)
- Настройка SLAM Toolbox
- Построение карты помещения в реальном времени

Форма работы: лекция, практическая работа

6. Занятие 18: Построение карты помещения

- Запуск SLAM Toolbox и построение карты помещения
- Эксперименты с параметрами `map_resolution` и `scan_buffer`
- Сохранение карты в файл (pgm + yaml)
- Анализ качества построенной карты

Форма работы: практическая работа

7. Занятие 19: Локализация AMCL

- Алгоритм адаптивной Monte Carlo локализации
- Настройка параметров AMCL для робота
- Тестирование локализации на готовой карте

- Проблемы и решения локализации (kidnapped robot problem)

Форма работы: практическое занятие

8. Занятие 20: Локализация на карте

- Загрузка сохранённой карты в `map_server`
- Установка начального положения робота (2D Pose Estimate)
- Проверка сходимости частиц AMCL при движении
- Оценка точности локализации в разных точках карты

Форма работы: практическая работа

9. Занятие 21: Планирование траектории

- Алгоритмы планирования пути (A^* , Dijkstra, RRT)
- Глобальные и локальные планировщики
- Карты стоимости (costmaps)
- Алгоритмы обхода препятствий

Форма работы: лекция, практическая работа

10. Занятие 22: Настройка планировщика

- Настройка параметра `inflation_radius` в `costmap`
- Настройка параметров DWA-планировщика
- Тест навигации к заданной цели
- Тест с динамическим препятствием на пути

Форма работы: лекция, практическая работа

11. Занятие 23: Навигационный стек Nav2

- Архитектура Nav2
- Настройка параметров навигации для конкретного робота
- Behavior Trees для управления поведением
- Recovery стратегии при застревании

Форма работы: практическое занятие

12. Занятие 24: Разработка waypoint-навигатора

- Разработка waypoint_navigator.py с 5+ контрольными точками
- Создание кастомного BT-XML для последовательного объезда
- Тестирование навигации на реальной карте
- Анализ recovery-поведения при застревании

Форма работы: практическая работа

13. Сведения о промежуточной аттестации:

Форма проведения: практическое задание

Описание, требования к выполнению: реализация навигационной системы для робота. Необходимо создать карту виртуального или реального помещения с помощью SLAM, настроить локализацию AMCL для точного определения положения робота, реализовать планировщик пути для конкретной задачи и интегрировать навигационный стек Nav2 в проектное решение.

Критерии оценивания: качество построенной карты, точность локализации, эффективность планирования траектории, надежность навигационной системы, качество настройки параметров

Количество попыток: 2

1.3. Модуль 3. Компьютерное зрение и ИИ (24 часа)

1. Занятие 25: Основы компьютерного зрения

- Работа с камерами в ROS 2 (камера 2DOF PTZ)
- Калибровка камеры для точных измерений
- Основы библиотеки OpenCV
- Обработка изображений с камер глубины

Форма работы: лекция, практическая работа

2. Занятие 26: Детектор цвета по видеопотоку

- Разработка camera_simulator.py для подачи тестовых кадров
- Разработка color_detector.py на основе HSV-фильтрации
- Публикация результатов детекции в топик ROS 2
- Тестирование потока данных в Foxglove

Форма работы: практическая работа

3. Занятие 27: Нейросети для детекции объектов

- Архитектуры сверточных нейронных сетей для детекции
- YOLO и современные модели детекции
- Open-vocabulary модели (CLIP)
- Предобученные модели и fine-tuning для конкретных задач

Форма работы: лекция, практическое занятие

4. Занятие 28: Интеграция YOLO

- Запуск YOLOv11 в ROS 2-окружении
- Настройка confidence threshold и NMS
- Написание yolo_detector.py и публикация в /detections
- Сравнение скорости и качества детекции разных моделей

Форма работы: практическая работа

5. Занятие 29: Облачные сервисы ИИ

- Интеграция с Yandex Cloud
- API для компьютерного зрения Yandex Vision
- Работа с DataSphere для обучения моделей
- Обработка изображений в облаке

Форма работы: практическое занятие

6. Занятие 30: Работа с облачным Vision API

- Отправка кадра с камеры в Yandex Vision API
- Получение аннотаций и разбор JSON-ответа
- Сравнение с локальным YOLO по скорости и точности
- Анализ компромисса: облако vs локальная обработка

Форма работы: практическая работа

7. Занятие 31: Пространственная локализация объектов. Часть 1

- Перевод из пикселей в координаты реального мира
- Работа с данными глубины

- Калибровка камера-лидар
- Определение 3D позиции объектов в пространстве

Форма работы: лекция, практическая работа

8. Занятие 32: Пространственная локализация объектов. Часть 2

- Разработка `object_localizer.py` для 3D-локализации объектов
- Перевод `bbox` из пикселей в 3D координаты через данные лидара
- Публикация маркеров обнаруженных объектов в `Foxglove`
- Тестирование точности локализации

Форма работы: практическая работа

9. Занятие 33: Интеграция зрения и навигации

- Постановка навигационных целей на основе детекции объектов
- Action servers для навигации к обнаруженным объектам
- Создание поведенческих сценариев
- Обработка ошибок и исключительных ситуаций

Форма работы: практическое занятие

10. Занятие 34: Навигация к объекту

- Разработка `find_and_go.py` (поиск и подъезд к объекту)
- Разработка `room_searcher.py` (систематический обход комнаты)
- Тест сценария: робот обнаруживает объект и подъезжает к нему
- Обработка случая "объект не найден"

Форма работы: лекция, практическая работа

11. Сведения о промежуточной аттестации:

Форма проведения: практическое задание

Описание, требования к выполнению: разработка системы восприятия для робота. Необходимо создать датасет изображений для задач проекта, обучить или адаптировать модель детекции объектов (с использованием YOLO или облачных сервисов Yandex Cloud), выполнить калибровку системы восприятия для пространственной локализации и интегрировать компьютерное зрение с навигационной системой для автономного поиска объектов.

Критерии оценивания: точность детекции объектов, корректность пространственной локализации, качество интеграции с навигацией, надежность работы системы

Количество попыток: 2

1.4. Модуль 4. Речевое управление и финальная интеграция (30 часов)

1. Занятие 35: Распознавание и синтез речи

- Интеграция Yandex SpeechKit API
- Обработка голосовых команд
- Natural Language Processing для интерпретации команд
- Синтез речи для обратной связи пользователю

Форма работы: лекция, практическое занятие

2. Занятие 36: Разработка системы голосовых команд

- Разработка `speech_recognizer.py` (интеграция SpeechKit ASR)
- Разработка `speech_synthesizer.py` (интеграция SpeechKit TTS)
- Разработка `command_handler.py` для интерпретации команд
- Тестирование 5 голосовых команд управления роботом

Форма работы: лекция, практическая работа

3. Занятие 37: Полная интеграция системы

- Архитектура конечного решения
- State machines для управления поведением робота
- Создание пайплайна: речь → детекция → навигация
- Обработка граничных случаев и ошибок

Форма работы: практическое занятие

4. Занятие 38: Интеграционное тестирование

- Сборка финального пайплайна: речь → YOLO → локализация → Nav2
- Полный тест сквозного сценария с TTS-ответом
- Отладка интеграционных проблем
- Фиксация результатов в проектной документации

Форма работы: практическая работа

5. Занятие 39: Тестирование и демонстрация

- Финальное тестирование системы в различных сценариях
- Подготовка демонстрационных сценариев
- Презентация проектов
- Обратная связь и планы дальнейшего развития

Форма работы: защита проектов, презентация

6. Занятие 40: Финальное тестирование системы

- Тестирование системы в различных сценариях
- Финальная отладка и рефакторинг кода
- Подготовка технической документации
- Самооценка готовности к защите проекта

Форма работы: практическая работа

7. ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ

Форма проведения: защита проекта

Описание, требования к выполнению: финальный проект «Умный робот-помощник» - автономная система, демонстрирующая интеграцию всех изученных технологий. Робот должен понимать голосовые команды на русском языке, строить карту неизвестного помещения, осуществлять поиск и распознавание заданных объектов, выполнять автономную навигацию к найденным целям и обеспечивать обратную связь через синтез речи. Проект должен включать техническую документацию, архитектурные диаграммы и инструкции пользователя.

Критерии оценивания:

- Функциональность системы (30%): корректная работа всех компонентов
- Качество интеграции (25%): надежность взаимодействия модулей
- Техническая реализация (20%): качество кода, архитектура
- Документация (15%): полнота и качество технической документации
- Презентация (10%): качество демонстрации и защиты проекта

Количество попыток: 3

2. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В РАМКАХ РЕАЛИЗАЦИИ ДООП И ФОРМЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- 2.1. В рамках реализации ДООП используются электронное обучение; дистанционные образовательные технологии
- 2.2. Образовательная деятельность слушателей предусматривает следующие виды учебных занятий и учебных работ, включая, но не ограничиваясь: лекции, практические и семинарские занятия, лабораторные работы, круглые столы, мастер-классы, мастерские, деловые игры, ролевые игры, тренинги, семинары по обмену опытом, выездные занятия, консультации, выполнение аттестационной, дипломной, проектной работы и другие виды учебных занятий и учебных работ, определенные учебным планом.

Применяемые технологии:

- Проектное обучение: все домашние задания объединены в единый проектный трек
- Командная работа: обучающиеся делятся на команды по 2-3 человека и работают в них
- Практико-ориентированное обучение: работа с реальным робототехническим оборудованием
- Виртуализация: использование Docker-контейнеров и симуляторов Gazebo
- Peer review: взаимное рецензирование проектов между командами
- Менторинг: еженедельные консультации с преподавателями

3. ФОРМЫ АТТЕСТАЦИИ (ОЦЕНИВАНИЯ) И ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1.1. Промежуточная аттестация

Промежуточная является инструментом оценки приобретенных в рамках обучения знаний, умений, навыков по разделу/дисциплине ДООП в рамках заявленных образовательных. Непрохождение промежуточной аттестации является основанием для отказа в предоставлении слушателю дальнейшего прохождения обучения по Программе.

Промежуточная аттестация проводится по следующим разделам/дисциплинам ДООП:

- Модуль 1 «Основы ROS 2 и архитектуры» в форме практического задания (разработка базовой ROS 2 архитектуры)

- Модуль 2 «Навигация и картографирование» в форме практического задания (создание навигационной системы)

- Модуль 3 «Компьютерное зрение и ИИ» в форме практического задания (интеграция системы восприятия)

1.2. Итоговая аттестация

Итоговая аттестация направлена оценку уровня освоения слушателем дисциплин, входящих в состав учебного плана, а также оценивание результатов обучения по ДООП.

К итоговой аттестации допускаются слушатели в полном объеме выполнившие учебный план и успешно прошедшие все формы промежуточной аттестации.

Итоговая аттестация проводится по окончании обучения в форме защиты проекта «Умный робот-помощник».

4. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

1.3. Характеристика педагогических кадров, участвующих в реализации программы

ФИО	Наименование основного места работы	Должность	Ученая степень	Ученое звание	Образование. Наименование учебного заведения	Образование. Год окончания учебного заведения	Образование. Полученная специальность	Стаж работы в данной (аналогичной) должности
Копылов Иван Станиславович	Высшая Школа Программной Инженерии и МФТИ	доцент	-	-	МГТУ им Н.Э. Баумана	2017	Техническая физика	6
Медведев Кирилл Владимирович	АНО ДПО «Образовательные технологии Яндекса»	директор по развитию социальных проектов	к.ф.-м.н.	-	МГУ имени М.В. Ломоносова	2005	Математика	19
Паволоцкий Александр Владимирович	АНО ДПО «Образовательные технологии Яндекса»	академический руководитель школьных программ / руководитель Лицея	к.п.н	доцент	МИЭМ	2002	Вычислительные машины, комплексы и сети	20
Лукина Екатерина Павловна	АНО ДПО «Образовательные технологии Яндекса»	старший методист	-	-	МПГУ	2016	Информатика и математика	10

1.2. Учебно-методическое обеспечение учебного процесса

1.3.1. Нормативные документы

- Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 28.02.2025) "Об образовании в Российской Федерации"
- Приказ Минпросвещения России от 27.07.2022 N 629 "Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам"

1.1.2. Список основной литературы

- ROS 2 Documentation. URL: <https://docs.ros.org/en/humble/>
- Morgan Quigley et al. Programming Robots with ROS: A Practical Introduction to the Robot Operating System. O'Reilly Media, 2015
- Sebastian Thrun, Wolfram Burgard, Dieter Fox. Probabilistic Robotics. MIT Press, 2005
- Richard Szeliski. Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer, 2022

1.3.2. Список дополнительной литературы

- Nav2 Documentation. URL: <https://navigation.ros.org/>
- SLAM Toolbox Documentation. URL: http://wiki.ros.org/slam_toolbox
- Yandex Cloud Documentation. URL: <https://cloud.yandex.ru/docs>
- Docker Documentation. URL: <https://docs.docker.com/>

1.3.3. Электронные учебные материалы (интернет-ресурсы)

- Официальный сайт ROS 2: <https://www.ros.org/>
- GitHub репозиторий курса MicroROS-Pi5: <https://github.com/yahboom>
- Онлайн-курсы по ROS 2: <https://www.udemy.com/topic/ros/>
- Yandex DataSphere: <https://cloud.yandex.ru/services/datasphere>
- Foxglove Studio: <https://foxglove.dev/>

1.3. Материально-техническое обеспечение учебного процесса - совокупность технологий, в том числе технологий электронного обучения, используемых в образовательной организации, включая, но не ограничиваясь: интерактивная онлайн-среда, позволяющая осуществлять обучение в дистанционном формате со встроенными механизмами автопроверки практических работ

Аппаратное обеспечение:

- Робототехническая платформа MicroROS-Pi5 Robot Car (на базе Raspberry Pi 5)

Программное обеспечение:

- Интерактивная онлайн-среда с Docker-контейнерами ROS 2 Jazzy
- Симуляторы Gazebo с готовыми мирами для тестирования
- Jupyter notebooks для экспериментов с ИИ
- Система контроля версий GitLab с репозиториями для команд
- Yandex Cloud (DataSphere, SpeechKit, Vision API)
- Инструменты визуализации: RViz, Foxglove Studio
- VS Code для разработки

Инфраструктура:

- Виртуальные среды разработки с предустановленным ПО
- Wiki-страницы для документации проектов
- Issue tracker для планирования задач
- Библиотека готовых компонентов и примеров кода

Данная инфраструктура позволяет осуществлять обучение в дистанционном формате со встроенными механизмами автопроверки практических работ.

Утверждено _____

От «_____» _____ 2026 года

КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК

дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программы

«Интеллектуальная робототехника с ROS 2»

Обучение по Программе: проходит в очной форме, с применением дистанционных технологий, начиная с **5 октября 2026 года**.

Руководитель программы

_____/Копылов И. С.