

## **MSU ROVER TEAM**

**ОТКРЫТЫЕ БИБЛИОТЕКИ ДЛЯ АВТОНОМНОЙ НАВИГАЦИИ  
ШЕСТИКОЛЕСНОГО ПРОТОТИПА МАРСОХОДА (РОВЕРА) ПО УМЕРЕННО  
ПЕРЕСЕЧЁННОЙ НЕЗНАКОМОЙ МЕСТНОСТИ С ВИЗУАЛЬНЫМ  
РАСПОЗНАВАНИЕМ ЦЕЛИ НАВИГАЦИИ.**

**УТВЕРЖДАЮ:**  
Научный эксперт проекта, к.ф.-м.н.  
 V.M. Буданов

.12.2025

**Открытая библиотека управления движения ровером на низком уровне.**

**Описание применения.**

## **ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ**

**MSUROVERTEAM-DC-V1.0.0**

**(открытая библиотека в сети Интернет)**

**ИСПОЛНИТЕЛИ:**

 A.A. Смирнов  
.12.2025

**2025**

## **MSU ROVER TEAM**

**УТВЕРЖДЕНО**

**ОТКРЫТИЕ БИБЛИОТЕКИ ДЛЯ АВТОНОМНОЙ НАВИГАЦИИ  
ШЕСТИКОЛЕСНОГО ПРОТОТИПА МАРСОХОДА (РОВЕРА) ПО УМЕРЕННО  
ПЕРЕСЕЧЁННОЙ НЕЗНАКОМОЙ МЕСТНОСТИ С ВИЗУАЛЬНЫМ  
РАСПОЗНАВАНИЕМ ЦЕЛИ НАВИГАЦИИ.**

**Открытая библиотека управления движения ровером на низком уровне.**

**Описание применения.**

**MSUROVERTEAM-DC-V1.0.0**

**(открытая библиотека в сети Интернет)**

**Листов 6.**

**2025**

## **АННОТАЦИЯ.**

Открытая библиотека управления движения ровером на низком уровне разработана в рамках проекта «Разработки открытых библиотек для автономной навигации шестиколесного прототипа марсохода (ровера) по умеренно пересечённой незнакомой местности с визуальным распознаванием цели навигации». Проект выполнен на средства выделенные «Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Фонд содействия инновациям) по договору предоставления гранта № 64ГУКодИИС13-D7/102402 от 23 декабря 2024г.

Под полностью автономным режимом навигации (движения) в данном проекте понимается режим, при котором ровер с Аккермановой геометрией поворота самостоятельно, без команд оператора (человека), передвигается по умеренно пересечённой и незнакомой местности по указателям направления движения до указателя конечной цели, может выполнить заранее запрограммированные действия у каждого указателя и самостоятельно вернуться обратно к месту старта. При этом оператор может просматривать на своем мониторе видеоизображения и телеметрию, предаваемые с ровера. «Открытая библиотека управления движения ровером на низком уровне» предназначена для преобразования и исполнения высокоуровневых команд библиотеки навигации в управление приводами ровера на низком уровне и передачи значений датчиков ровера системе навигации и компьютерного зрения, с целью оптимизации маршрута в процессе автономного движения ровера. «Открытая библиотека управления движения ровером на низком уровне» разработана на языке программирования С для STM32F4xxx и Python 3, для платформы ROS2 Humble (Robot Operating System 2 версии Humble).

## **СОДЕРЖАНИЕ.**

<b>АННОТАЦИЯ.</b> .....	2
<b>СОДЕРЖАНИЕ.</b> .....	3
<b>Назначение программы.</b> .....	4
<b>Условия применения.</b> .....	5
<b>Описание задачи.</b> .....	6
<b>Входные и выходные данные.</b> .....	6

## **Назначение программы.**

«Открытая библиотека управления движения ровером на низком уровне» предназначена для управления на низком уровне шести, или четырехколесным ровером с четырьмя поворотными колесами. Если управляемый ровер четырехколесный, то библиотека позволяет реализовать его движение в любом направлении (омни-движение). Эта же библиотека может использоваться при ручном дистанционном управлении ровером.

## **НАПРАВЛЕНИЯ ПРИКЛАДНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.**

Данная открытая библиотека может быть использована на автономных мобильных платформах на земле и в космосе для геологической и экологической разведки, изучения и освоения труднодоступных территорий, мониторинга состояния энергетического оборудования (в т.ч. на АЭС) без вывода его из эксплуатации в условиях плохой связи и отсутствия актуальных карт местности. Дополнительными вариантами использования данной библиотеки могут быть:

- сельскохозяйственные беспилотные технологии, которые используют визуальные маркеры для ориентирования, например, при вспахивании поля;
- строительные автономные роботы способные работать в постоянно меняющейся местности.

## **Минимальные технические требования:**

- Операционная система: Ubuntu 22.04.
- Процессор: x86\_64 или ARM64 (например, Nvidia Jetson).
- ОЗУ: 4 GB минимум, 8 GB рекомендуется.
- GPU: NVIDIA GPU с поддержкой CUDA 11.0+ (опционально, но рекомендуется).
- Дисковое пространство: 2 GB для библиотеки и моделей.

## **Требования к низкоуровневому аппаратному обеспечению**

- Микроконтроллер: STM32F407DISC.
- Уровень абстракции: HAL для STM32 версии F4.
- Среда программирования: STM32CubeIDE версии 1.16.1 или выше с настройками по умолчанию.

## **Рекомендуемые требования (тестированная конфигурация)**

- Платформа: Nvidia Jetson Orin NX Super.
- ОЗУ: 16 GB.
- Микроконтроллер: STM32F407DISC.
- Уровень абстракции: HAL для STM32 версии F4.
- Среда программирования: STM32CubeIDE версии 1.16.1 или выше с настройками по умолчанию.

## **ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.**

Библиотека состоит из двух модулей

1. STM32 C модуль eureka\_dc\_lib.h

- Язык программирования: C.
- Аппаратное обеспечение: STM32F4xxx.
- Уровень абстракции: HAL для STM32 версии F4.
- Назначение. Управление приводами ровера на низком уровне.

2. ROS2 Python3 Модуль eureka\_movement\_lib.py

- Язык программирования: Python3.
- Назначение.
  1. Снижение нагрузки с контроллеров.
  2. Реализация полной последовательности шагов (пайплайн) при управлении ровером.

### **Ограничения, накладываемые на область применения программы.**

При изменении серии микроконтроллера работа библиотеки не может гарантироваться из-за серьезных отличий в функциях HAL и архитектурах чипов в разных поколениях STM32.

Для работы библиотеки требуется корректная настройка аппаратно-программного интерфейса и корректная работа радиоэлектроники ровера.

### **Условия применения.**

Работа «библиотеки управления движения ровером на низком уровне» гарантируется при использовании аппаратного обеспечения ровера, указанного в таблице 1.

Таблица 1 - Утвержденная аппаратная конфигурация приводов, драйверов и контроллеров ровера

<b>Компонент</b>	<b>Модель</b>
Привод колёс (4, или 6 шт.)	Коллекторные DC-моторы
Рулевое управление, 4 шт.	Шаговый двигатель NEMA 17 + <b>MKS TMC2160 OC</b>
Контроллер, 2 шт.	STM32F407
Драйвер DC-моторов (4, или 6 шт.)	BTS7960
Драйвер шаговых моторов (4, или 6 шт.)	<b>MKS TMC2160 OC</b>

Тестирование и полевые испытания данной библиотеки проводились на платформе Nvidia Jetson Orin NX Super.

## **Описание задачи.**

Линейные скорости по осям X и Y и угловая скорость ровера по оси Z, рассчитанные в модуле автономной модуля навигации считаются из топика ROS2 Humble и преобразуются «Открытой библиотекой управления движения ровером на низком уровне» в «команды» управления приводами на низком уровне. А показания с датчиков ровера передаются обратно системе навигации и компьютерного зрения, с целью оптимизации маршрута в процессе автономного движения ровера.

## **Входные и выходные данные.**

- Входные данные. Линейные скорости по осям X и Y и угловая скорость ровера по оси Z в формате [vel\_x, vel\_y, ang\_z] в топике /cmd\_vel
- Выходные данные. wheel\_states - угловые скорости колёс для дальнейшего расчета колесной одометрии.