Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Институт машиностроения, материалов и транспорта

Высшая школа автоматизации и робототехники

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

**Разработка мобильного робота. Платформа**

по дисциплине

«Конструирование модулей мехатронных устройств в робототехнике»

Выполнили

студенты гр. 3331506/70401 Водорезов Г.И.

Деникин В.А.

Засецкий В.С.

Кондратченко О.О.

Куликов М.М.

Кученов Д.С.

Ларионов А.А.

Ляховский М.В.

Соколов Д.А.

Ярмак С.О.

Руководитель

начальник отдела «Конструирование Прямицын И. Б.

робототехнических систем»

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2021 г.

Санкт-Петербург

2021

**СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ**

Руководитель курс. проекта,

нач. отдела «Конструирование

робототехнических систем» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ И. Б. Прямицын

(подпись, дата)

Отв. исполнитель,

студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ М.В. Ляховский

(подпись, дата) (концепция, отчет)

Исполнители:

студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Г.И. Водорезов

(подпись, дата) (корпус, сборка)

студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.А. Деникин

(подпись, дата) (компоновка)

студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.С. Засецкий

(подпись, дата) (электрическая схема)

студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.О. Кондратченко

(подпись, дата) (провода)

студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ М.М. Куликов

(подпись, дата) (колесо)

студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Д.С. Кученов

(подпись, дата) (колесо)

студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.А. Ларионов

(подпись, дата) (расчеты, привод)

студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Д.А. Соколов

(подпись, дата) (компоновка, сборка)

студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ С.О. Ярмак

(подпись, дата) (отчет)

СОДЕРЖАНИЕ

[1 Техническое задание 4](#_Toc70362388)

[2 Выбор конструкции и электроники 5](#_Toc70362389)

[3 Расчет средства передвижения платформы 6](#_Toc70362390)

[3.1 Определение требований к характеристикам привода 6](#_Toc70362391)

[3.2 Подбор составных частей привода 10](#_Toc70362392)

[4 Список электронных компонентов 11](#_Toc70362393)

# Техническое задание

Разработать подвижную платформу мобильного робота для участия в кубке РТК.

Основные требования, предъявляемые к платформе:

* габаритные размеры Д×Ш×В: 350×400×400 мм;
* масса платформы: не более 6,5 кг;
* масса мобильного робота: не более 10 кг;
* тип средства передвижения: колесный;
* тип приводов: независимый;
* тип питания: автономное;
* тип управления: телеуправление (камеры, беспроводная связь);
* дополнительно: наличие крепления для манипулятора.

# Выбор конструкции и электроники

Для простоты и экономии места была выбрана стандартная колесная база 4х4. Двигатели постоянного тока, для каждого свой драйвер. Сервоприводы манипулятора управляются ШИМ сигналом, для этого выбрана плата ШИМ контроллера PCA9685.

Архитектура управляющих модулей состоит из верхнего и нижнего уровней. На верхнем уровне одноплатный компьютер Raspberry Pi Zero W. Он занимается обменом данными по каналу связи Wi-Fi с внешним устройством – пультом, через которое пользователь осуществляет телеуправлением платформой.

Для обратной связи установлена камера, которая транслирует изображение на пульт в реальном времени. За нижний уровень отвечает микроконтроллер STM32F103C8T6. Он производит обмен данными с компьютером через интерфейс UART, управляет драйверами двигателей через CAN и управляет ШИМ контроллером через I2C.

Источником питания является Li-Ion аккумулятор с выходным напряжением 22 В. От него питание распределяется ко всем электронным компонентам через понижающие преобразователи: для двигателей XL4016, для логики LM2596.

# Расчет средства передвижения платформы

## Определение требований к характеристикам привода

Согласно техническому заданию, платформа имеет колесный тип передвижения и независимый привод для каждого из колес. Выберем стандартную колесную формулу 4×4, т.е. 4 колеса, из которых все ведущие.

Необходимо определить следующие требования к характеристикам привода:

* частота вращения выходного вала, об/мин;
* крутящий момент на выходном валу, Н∙м.

Зададимся диаметром колес мм и номинальной скоростью передвижения платформы м/с.

Рассмотрим равномерное качение ведущего колеса по горизонтальной опорной поверхности и проведем расчеты исходя из теории автомобиля и автомобильного колеса. Расчетная схема приведена на рисунке 2.1.

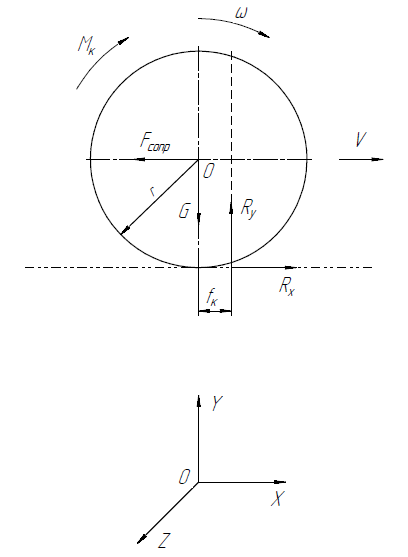


Рисунок 2.1 – Расчетная схема колеса

Запишем второй закон Ньютона для поступательного и вращательного движения в векторной форме

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.1) |
|  |  | (2.2) |

где – линейное ускорение, м/с2;

– угловое ускорение, 1/ с2;

– масса робота, приходящаяся на колесо, кг;

– момент инерции колеса, кг∙м2;

– сила тяжести, приходящаяся на колесо, Н;

– продольная сила колеса, Н;

– продольная реакция опорной поверхности, Н;

– нормальная реакция опорной поверхности, Н;

– крутящий момент колеса, Н∙м;

– коэффициент сопротивления качению колеса, м;

– радиус колеса, м.

С учетом равномерного движения ( и ) в проекциях на оси системы координат получим

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.3) |
|  |  | (2.4) |
|  |  | (2.5) |

Оценить коэффициент сопротивления качению с ростом скорости можно по следующей формуле [1]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.6) |

где – коэффициент сопротивления качению при около нулевой скорости, м;

– коэффициент влияния скорости, м-2.

Таблицы значений данных коэффициентов для различных видов опорных поверхностей приведены в таблицах 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1 – Значения коэффициента [1]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип покрытия | Состояние покрытия | Диапазон значений |
| Асфальтобетонная дорога | Хорошее | 0,008…0,015 |
| Удовлетворительное | 0,015…0,030 |
| Гравий укатанный | — | 0,020…0,025 |
| Грунтовая дорога | Сухое | 0,025…0,035 |

Таблица 2.2 – Значения коэффициента [1]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип автомобиля | Размерность скорости | |
| км/ч | м/с |
| Легковой | (4…5)∙10-5 | (5,1…6,5)∙10-4 |
| Грузовой | (2…3)∙10-5 | (2,6…3,9)∙10-4 |

Выберем значения коэффициентов для наихудшего случая, т.е. м и м-2. Тогда коэффициент сопротивления качению из (2.6) равен

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Предельное значение продольной реакции опорной поверхности определяется по формуле

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.7) |

где – коэффициент сцепления колеса.

Коэффициент сцепления зависит от многих факторов, среди которых конструкция колеса и шины, скорость движения и состояние опорной поверхности. Типичные значения для различных видов опорных поверхностей приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Значения коэффициента [2]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип покрытия | Состояние покрытия | Диапазон значений |
| Асфальтобетонная дорога | Сухое | 0,7…0,8 |
| Влажное | 0,45…0,55 |
| Грунтовая дорога | Сухое | 0,4…0,6 |
| Влажное | 0,2…0,45 |
| Песок | Сухое | 0,2…0,4 |
| Влажное | 0,35…0,5 |

Поступим аналогично и выберем значение коэффициент равным максимальному, т.е. . Тогда значение продольной реакции из (2.7) равно

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Примем Н.

Поставим найденные значения в выражения (2.5) и получим значение крутящего момента

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Примем коэффициент запаса и с его учетом получим расчетный крутящий момент

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Т.к. колесо совершает вращательное движения вокруг мгновенного центра вращения (точки контакта с опорной поверхностью), то угловую скорость можно найти следующим образом

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.8) |

Частота вращения колеса определяется по формуле

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.9) |

Подставим известные значения в (2.8), (2.9) и найдем угловую скорость и расчетную частоту вращения

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
|  |  |  |

Развиваемая мощность, как произведение крутящего момента на угловую скорость, равна

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Таким образом, к параметрам привода предъявляются требования, приведенные в таблице 2.4. Они являются основание для последующего выбора составных частей привода.

Таблица 2.4 – Требования к характеристикам привода

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристика | Требования |
| Частота вращения выходного вала | 44 об/мин |
| Крутящий момент на выходном валу | 2,8 Н∙м |

## Подбор составных частей привода

# Список электронных компонентов

1. Одноплатный компьютер Raspberry Pi Zero W
2. Микроконтроллер STM32F103C8T6
3. Двигатель MAXON DCX22L GB KL 18V 4 шт.
4. Драйвер двигателя EPOS4 Compact 50–5 CAN 4 шт.
5. Понижающий преобразователь XL4016 2 шт.
6. Понижающий преобразователь LM2596 2 шт.
7. CAN приемники 4 шт.
8. Камера Innomaker OV9281