

Всероссийский конкурс учебно-исследовательских работ старшеклассников
по политехническим, естественным, математическим дисциплинам
для учащихся 9-11 классов

Инженерно-техническое творчество

Автономная зарядная станция для мультикоптеров

Григорьев Дмитрий Артёмович
11 класс , МБОУ “Лицей №1” г. Перми,
г. Пермь

Анфёров Сергей Дмитриевич,
Учитель физики, ст.пр. ПНИПУ

Пермь. 2018.

Abstract

This work is devoted to the problem of making of an effective charge station for multicopters, participating in delivery of goods. The main subject of it is the charge station.

The main aim of this work is to develop a project of charge station for multicopters. It will be used in system of deliveries. It must be guaranteed quick charging of multicopters without human participation, namely it must be improved delivery system.

To achieve the aim it was necessary to study the existing charge stations, namely their way of charging, and identify the effective way.

During the research was found out that time of charging is depended on the using way of the charging.

It has become obvious that the battery replacement is taken less time than other ways. The choice was made in favor of it. Revolver loading system has become as an improvement of it.

As a result, the project of charge station with the battery replacement was created. A prototype of it was made. Algorithm of working of the station was implemented. The time of charging was measured and compared with information, finding in the sources.

In conclusion it should be noted that this work is modern because world delivery system is not perfect nowadays and caused to bring attention to solve this problem by modern technologies. There have not been created similar projects yet.

Оглавление

Введение	1
Теоретическая часть.....	1
Исследовательская часть	1
Трудности	2
Гипотезы	3
Устройство и принцип действия	3
Реализация алгоритма.....	4
Построение прототипа.....	4
Заключение	7
Список литературы	8
Приложения.....	9

Введение

Работа посвящена разработке автономной зарядной станции для мультикоптеров. В настоящее время наблюдается рост числа мультикоптеров в мире. Сфер их использования много: от простого развлечения до доставки грузов. Использование мультикоптеров в доставке началось меньше, чем два года назад. Начало этому положила компания Amazon. Преимуществами доставки мультикоптером являются скорость и возможность доставки в отдаленные и труднодоступные районы. Появление зарядных станций для мультикоптеров связано с тем, что емкость аккумуляторов у них не велика, поэтому довольно часто их приходится заряжать. «Сегодня человек вынужден сажать мультикоптер на землю и перезаряжать его каждые 30-40 минут работы...», — говорит автор одного из существующих проектов зарядных станций. В свою очередь командой, в состав которой входил я, был разработан проект зарядной станции, о которой пойдет речь в этой работе.

Цель работы

- Разработать проект автономной зарядной станции для мультикоптеров

Задачи работы

- Исследовать существующие зарядные станции
- Разработать алгоритм работы и устройство зарядной станции
- Собрать действующий прототип станции

Теоретическая часть

Зарядная станция — элемент инфраструктуры, предоставляющий электроэнергию для зарядки аккумуляторного потребителя, в т.ч. мультикоптера.

Мультикоптер (англ. Multirotor, multicopter, многороторный вертолет, многолет) — это летательный аппарат построенный по вертолетной схеме с тремя и более несущими винтами.

Исследовательская часть

Для дальнейшей разработки проекта необходимо было выяснить, существуют ли уже зарядные станции. Оказалось, что различных зарядных станций немало и что большинство из них действительно создается для мультикоптеров, участвующих в системе доставок.

Одним из примеров существующих зарядных станций может послужить взлетно-посадочная площадка SkySense компании IR-LOCK с встроенным беспроводным зарядным устройством. Такая станция способна принимать одного дрона в полтора часа. Особенностью такой станции является беспроводной способ зарядки. Эта станция получает энергию из сети.

Другим примером может послужить зарядная станция Dronebox компании H3 Dynamics с контактным способом зарядки. Такая станция имеет открывающуюся крышу, на которой в свою очередь установлены солнечные батареи. Пропускная способность этой станции равна одному дрону в час без учета подготовки к следующему приему.

Еще одним примером может послужить проект сотрудника Университета Иннополиса Игоря Данилова. Его проект нацелен на создание зарядной станции, которая меняет аккумулятор на новый, а старый должен будет заряжаться в течение некоторого времени. Разработчик гарантирует перезарядку за 1 минуту.

Таким образом, было выяснено, что существует три основных способа зарядки мультикоптеров. Выбор был сделан в пользу замены аккумулятора, поскольку такой способ не занимает много времени. Но так как оставленный аккумулятор тоже должен зарядиться, а это займет много времени, должны находиться запасные, наличие которых не вредило бы пропускной способности, а шло на пользу. Поэтому характерной особенностью разрабатываемой станции должен стать барабан, в котором бы батареи заряжались и из которого бы они с легкостью извлекались.

Следующим этапом стало рассмотрение принципа действия зарядной станции.

Трудности

В ходе рассмотрения принципа действия возникли проблемы.

Во-первых, при посадке на станцию мультикоптер может сесть вдали от устройства замены, зафиксированного на месте, а также может быть сориентирован так, что замена будет невозможна (например, из-за действия на него ветра или столкновения с чем-нибудь). В качестве решения данной проблемы была рассмотрена система позиционирования, стоящая из двух направляющих, которые должны будут сдвигать мультикоптер к устройству замены, ориентируя его при этом (идет расчет на малые отклонения от нужного положения, что должна гарантировать система посадки, не рассматриваемая в этом проекте).

Во-вторых, разные модели мультикоптеров имеют соответственно разные по форме и размеру аккумуляторы. В качестве решения данной проблемы было рассмотрено создание универсальной емкости для аккумуляторов. Внутри нее должен будет помещаться аккумулятор, который бы питал мультикоптер через

обкладки емкости, а также заряжался бы внутри нее, находясь внутри барабана, через те же обкладки. 3D-модель емкости можно увидеть в приложении 1.

В-третьих, мультикоптеры могут при посадке задеть устройства зарядной станции, повредив при этом, например, свои лопасти, или доступ к аккумулятору может быть затруднен в связи с устройством мультикоптера. Для этого были созданы специальные посадочные ножки, на которые устанавливался также слот для хранения емкости с аккумулятором и которые по возможности бы поднимали мультикоптер так высоко, что он был выше всей станции. Все мультикоптеры, которые бы обслуживала данная станция, должны иметь эти ножки. Также необходимо, чтобы мультикоптер освобождался от груза, который он перевозит, до окончания зарядки. 3D-модель ножек можно увидеть в приложении 2.

Гипотезы

Были сформулированы следующие гипотезы:

- Все обслуживаемые мультикоптеры обладают универсальными посадочными ножками со слотом для универсальной емкости для аккумуляторов, из которого она не выпадает при перелетах .
- Размеры аккумуляторов подходят под размеры емкости для их хранения.
- Аккумуляторы заряжаются через обкладки емкости и питают мультикоптер через них. К станции подведена электроэнергия.
- Существует взаимодействие между станцией и мультикоптером, благодаря которому мультикоптер связывается со станцией и запускает процесс замены аккумулятора, а станция дает разрешение на взлет по окончании зарядки.
- Груз не мешает процессу зарядки.
- Действие внешних факторов (ветер, прочие объекты) отсутствует.

Устройство и принцип действия

Основными элементами зарядной станции являются:

1. Площадка, на которой происходит весь процесс замены.
2. Система позиционирования из двух направляющих.
3. Устройство замены.
4. Барабан.

Принцип действия таков:

- 1) Одна из направляющих сдвигает мультикоптер до противоположной ей стены почти до упора. Затем то же делает вторая направляющая. В итоге мультикоптер находится в месте замены.
- 2) Свою работу начинает устройство замены, представляющее собой каретку с сервоприводом. Каретка сдвигается так, что шип сервопривода будет находиться под специальным пазом в емкости для аккумулятора. Сервопривод оборачивает шип, каретка начинает

движение к барабану, а шип благодаря этому движению будет толкать емкость к барабану. Емкость извлекается из слота, находящегося в ножках.

- 3) Емкость доставлена в барабан. Сервопривод оборачивает шип, освобождая при этом емкость.
- 4) Каретка отъезжает назад для того, чтобы барабан повернулся на другую емкость с аккумулятором.
- 5) Барабан поворачивается.
- 6) Каретка возвращается к барабану. Сервопривод оборачивает шип, захватывая новую емкость.
- 7) Каретка двигается в сторону мультикоптера, пока емкость не будет вставлена в слот.
- 8) Сервопривод оборачивает шип, освобождая при этом емкость. Каретка и направляющие возвращаются в исходное положение.

Алгоритм действия в сжатом виде представлен в приложении 3 в виде блок-схемы.

Реализация алгоритма

Для реализации алгоритма была использована аппаратная платформа Arduino, а также понадобилась 1 плата Arduino, 4 шаговых двигателя и 1 сервопривод. Код организовал вращение шаговых двигателей и сервопривода в заданном порядке и был прошит в плату, к которой были подключены перечисленные элементы.

Построение прототипа

Для создания прототипа понадобились:

- Деревянная¹ фанера в качестве площадки;
- Несколько деревянных брусков в качестве стенок, ограничивающих площадку, и в качестве стоек для нее;
- 1 плата Arduino, 4 шаговых двигателя и 1 сервопривод с шипом;
- 6 шпилей винт-гайка для преобразования вращательного движения вала шаговых двигателей в поступательное движение каретки и направляющих и для фиксации барабана;
- 4 ременные передачи, каждая из которых состоит из двух закрепленных шкивов и ремня. Ременная передача с расстановкой сил представлена в приложении 4;
- Зубчатая передача с внутренним зацеплением, состоящая из двух зубчатых колес, для передачи вращения вала шагового двигателя барабану. Зубчатая передача с расстановкой сил представлена в приложении 5;

¹ Сборка полностью металлического прототипа была бы очень дорогой, поэтому в структуру прототипа входят деревянные элементы.

- Подшипники для неподвижного вращения барабана и шпильей, а также некоторые детали, распечатанные на 3D-принтере (барабан, каретка, слот для емкости, емкость для аккумулятора и пр.)

Система позиционирования на примере одной направляющей представлена в приложении 6.

Схема устройства представлена в приложении 7.

Зная частоту вращения вала шагового двигателя, можно оценить частоту вращения шпиля:

$$V_{ш} = V_{\epsilon} \cdot \frac{d_{шк1}}{d_{шк2}}$$

,где $d_{шк1}$ и $d_{шк2}$ – диаметры шкивов на валу и шпиле ($[d_{шк1}] = [d_{шк2}] = мм$), v_{ϵ} и $V_{ш}$ – частота вращения ротора шагового двигателя и шпиля соответственно ($[v_{\epsilon}] = [V_{ш}] = \frac{об}{с}$).

Зная также шаг резьбы шпиля (расстояние между двумя соседними одноименными точками винтовой поверхности), можно посчитать скорость поступательного движения направляющих и каретки, опираясь на тот факт, что расстояние, пройденное за оборот шпиля, численно равно его шагу резьбы:

$$\xi = \frac{P}{1об}$$

,где ξ – расстояние, которое проходит резьбовой элемент за один оборот резьбы ($[\xi] = \frac{мм}{об}$), P – шаг резьбы ($[P] = мм$).

Тогда скорость поступательного движения резьбового элемента, входящего в состав направляющей и каретки, равна:

$$v = \xi \cdot V_{ш} = \xi \cdot v_{\epsilon} \cdot \frac{d_{шк1}}{d_{шк2}} \quad ([v] = \frac{мм}{с})$$

В нашем случае частота вращения вала шагового двигателя v_{ϵ} равна $8 \frac{об}{с}$, шкивы на валу и шпиле одинаковы, т.е. их диаметры равны, а шаг резьбы шпиля P равен $1,5мм$, поэтому $v = 12 \frac{мм}{с}$. Примерно с этой скоростью мультикоптер двигается по площадке.

Зная частоту вращения вала шагового двигателя, отвечающего за поворот малого зубчатого колеса в зубчатой передаче, а также передаточное число, можно

оценить частоту вращения большого зубчатого колеса, а вместе с тем и частоту вращения барабана:

$$V_{\delta} = u \cdot V_m$$

, где V_m и V_{δ} – частоты вращения малого и большого зубчатых колес соответственно ($[V_m] = [V_{\delta}] = \frac{\text{об}}{\text{с}}$), u – передаточное число, равное отношению количества зубцов малого зубчатого колеса к количеству зубцов большого ($[u] = 1$).

В нашем случае частота вращения вала шагового двигателя, на котором зафиксировано малое зубчатое колесо, равна $2,5 \frac{\text{об}}{\text{с}}$, а передаточное число равно 0,2. Тогда частота вращения большого зубчатого колеса равна $0,5 \frac{\text{об}}{\text{с}}$.

В результате был получен действующий прототип. Внешний вид представлен в приложении 8. Прототип в действии можно увидеть в видеоролике.

Заключение

Технологии развиваются. Они должны помогать человеку, а человек – им. Но будет лучше, если технологии будут помогать друг другу. Появление автономных зарядных станций связано с потребностью избавить человека от частого и однообразного труда, такого как зарядание мультикоптера из часа в час. Данная работа преследует эту мысль.

Поставленные задачи были выполнены.

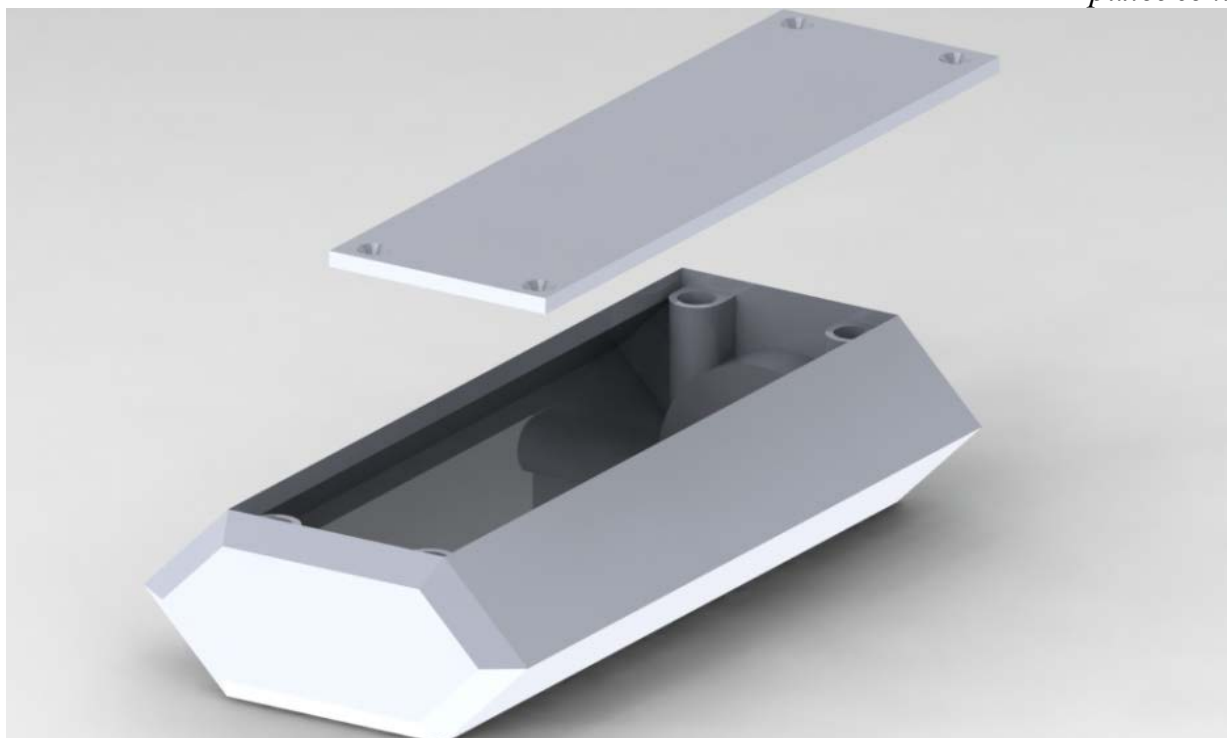
Работа не является законченной. Планируется доработать систему замены и установить взаимодействие между станцией и мультикоптерами.

Список литературы

1. Журнал N+1 [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://nplus1.ru/news/2016/02/08/wireless-charger>
2. Интернет-издание TJ [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://tjournal.ru/23373-kompaniya-h3-dynamics-predstavila-platformu-dronebox-dlya-avtomatizirovannoy-zaryadki-dronov>
3. Издательство Econet [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://econet.ru/articles/126943-v-innopolise-sozdayut-avtomaticheskuyu-stantsiyu-zaryadki-dronov>
4. НПО РосМаш [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://met-all.org/obrabotka/prochie/metricheskaya-rezba-gost-vidy-shag-tablitsa-oboznachenie.html>

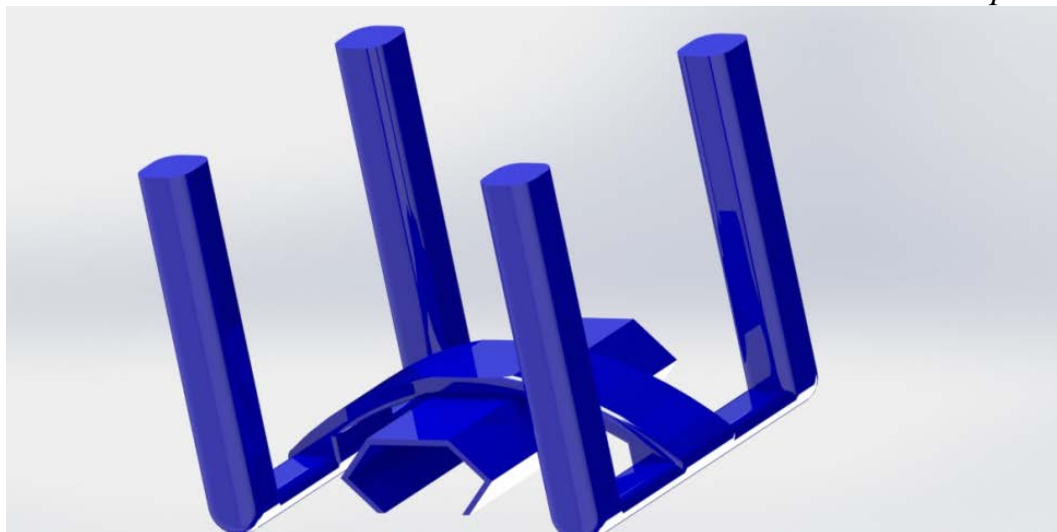
Приложения

Приложение 1



3D-модель емкости для аккумулятора

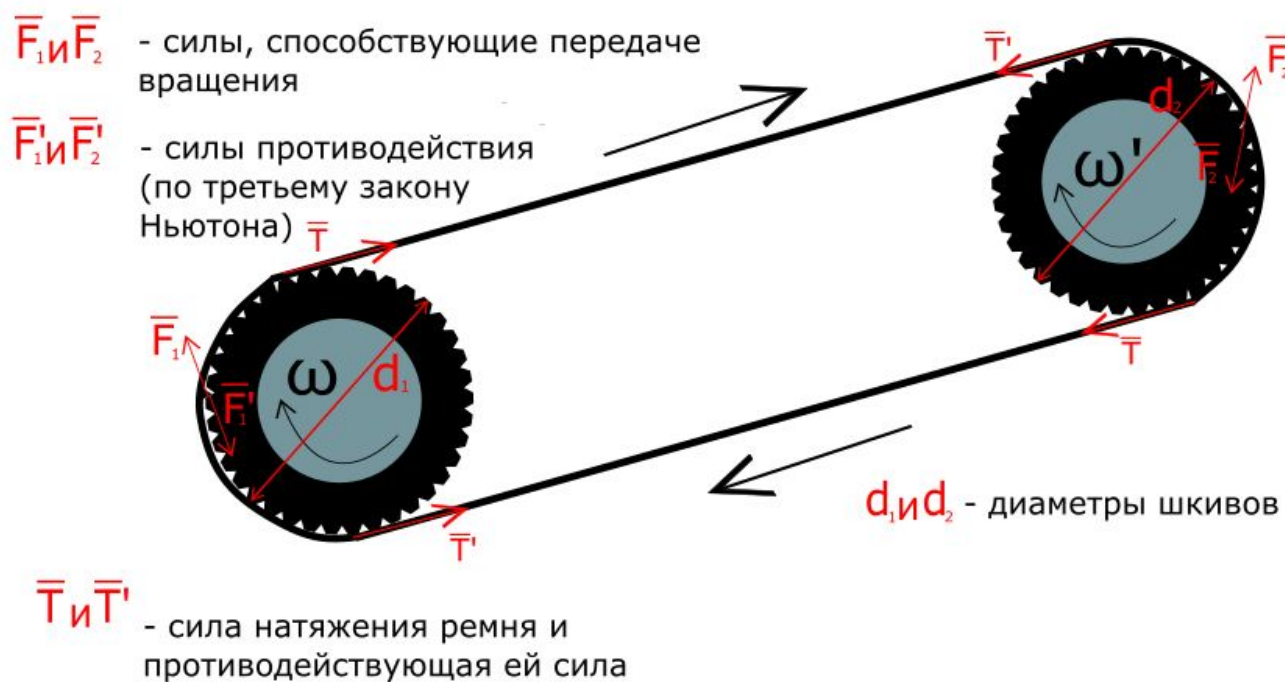
Приложение 2



3D-модель ножек для мультикоптера



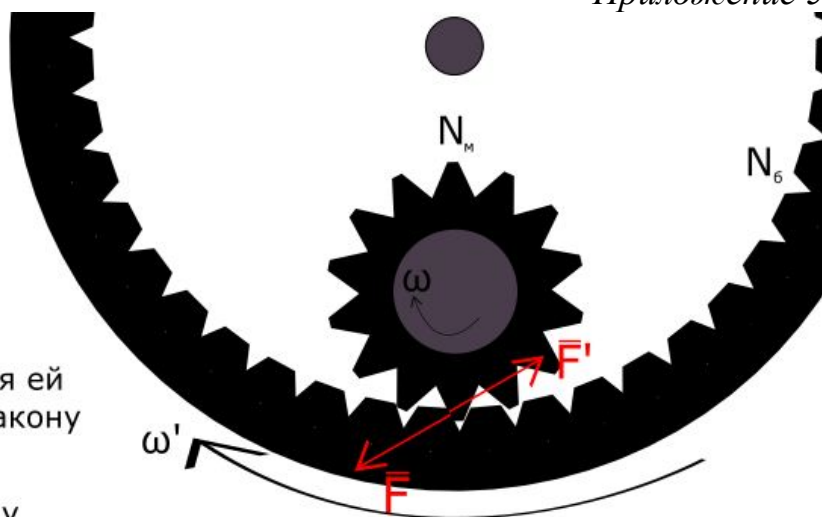
Блок-схема алгоритма работы зарядной станции



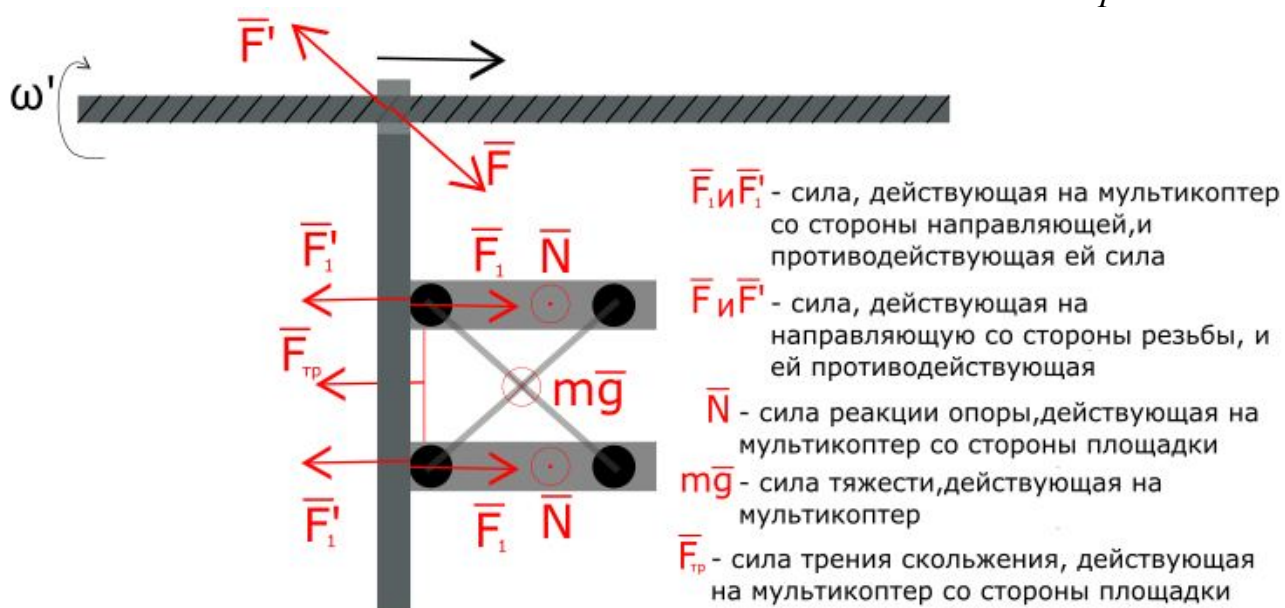
Ременная передача в действии

\vec{F} и \vec{F}' - сила, передающая вращение, и противодействующая ей сила (по третьему закону Ньютона)

N_m и N_b - количество зубцов у малого и большого зубчатых колёс соответственно



Зубчатая передача в действии



\vec{F}_1 и \vec{F}'_1 - сила, действующая на мультикоптер со стороны направляющей, и противодействующая ей сила

\vec{F} и \vec{F}' - сила, действующая на направляющую со стороны резьбы, и ей противодействующая

\vec{N} - сила реакции опоры, действующая на мультикоптер со стороны площадки

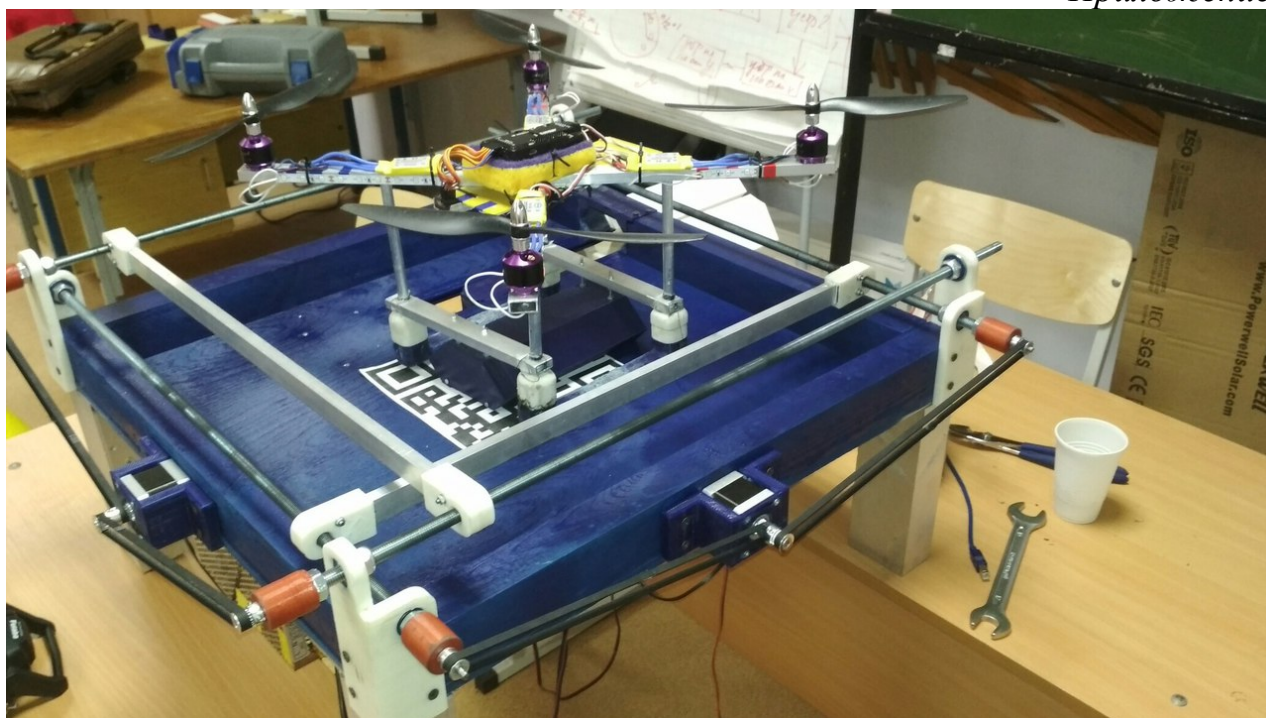
$m\vec{g}$ - сила тяжести, действующая на мультикоптер

$\vec{F}_{тр}$ - сила трения скольжения, действующая на мультикоптер со стороны площадки

Система позиционирования на примере одной направляющей (вид сверху)



Схема зарядной станции (вид сверху и система замены)



Фотография действующего прототипа