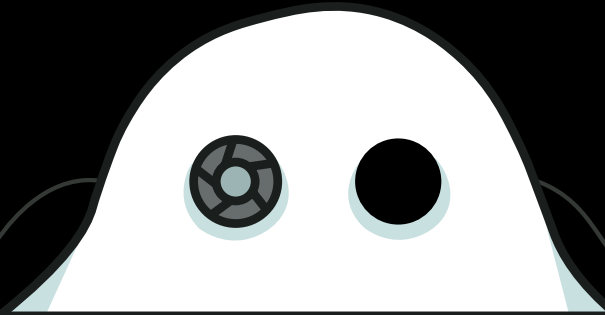
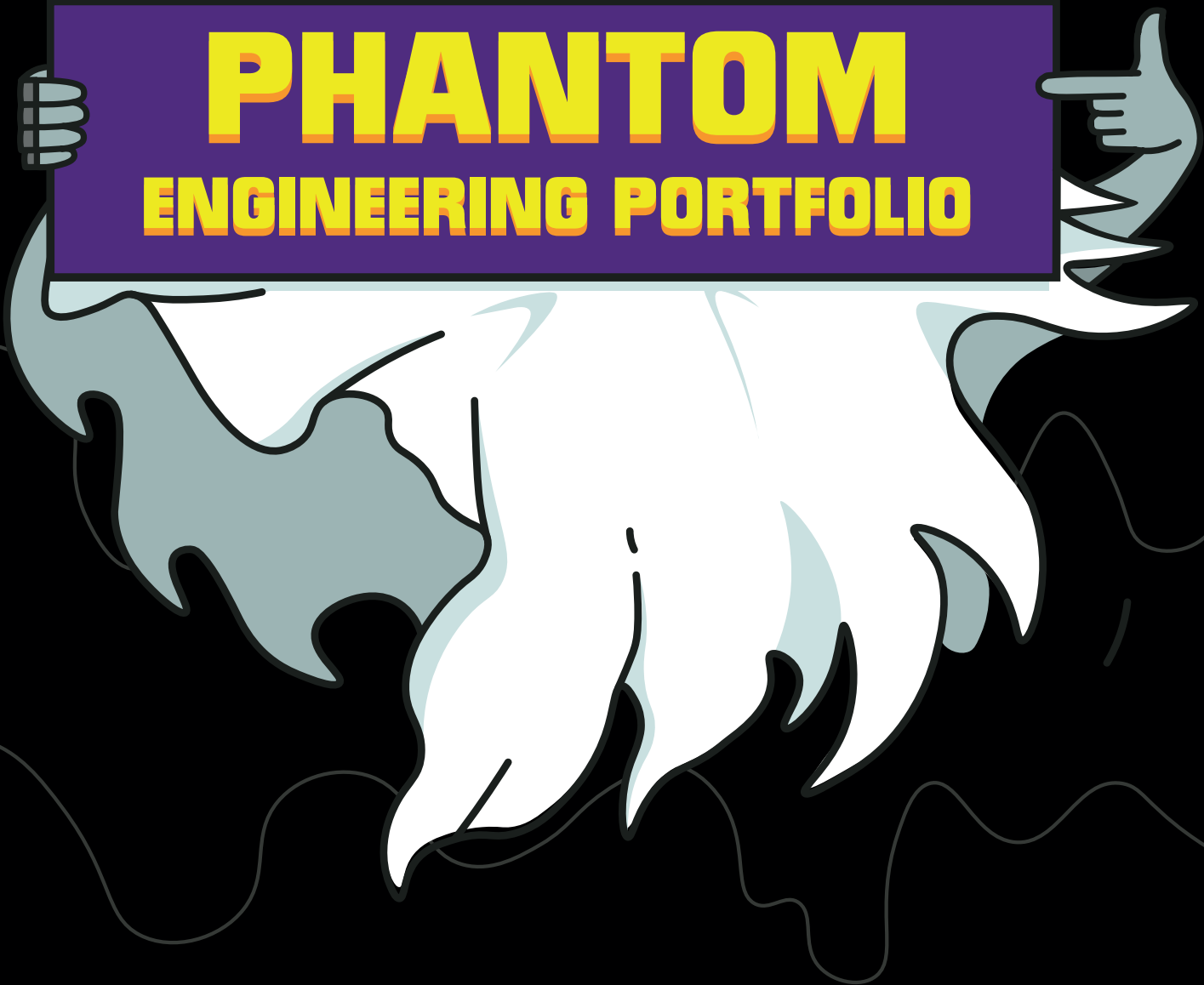


**16950**



**PHANTOM**  
**ENGINEERING PORTFOLIO**



# СОСТАВ КОМАНДЫ



В состав команды входят ученики шести разных школ и колледжа. Большинство из них узнали о нас из социальных сетей и решили присоединиться, а некоторые перешли из других команд, вдохновившись нашими идеями и достижениями. Также, в нашей команде присутствуют два студента из вузов, занимающие должность менторов: Александр Смагин и Анатолий Моисеенко. Анатолий, который в сезоне 2021-2022 FREIGHT FRENZY был ведущим сборщиком и сейчас обучается в одном из ведущих технических вузов Петербурга, занимается обучением и консультацией сборщиков в области конструирования и обслуживания механизмов, а Александр, стоявший у истоков команды и принимавший участие в сезоне 2019-2020 SKYSTONE в качестве капитана и главного программиста, теперь обучает новых (и не только) участников программированию и основам работы с компьютерным зрением OpenCV.

**Виктор Якунин -  
Lead Mentor**

**Александр Смагин -  
Software Mentor**

**Анатолий Моисеенко -  
Hardware Mentor**

Иван Жулёв - Project Manager, Drive Crew  
Дмитрий Корольков - CAD Lead, Drive Crew  
Максим Луковцев - CAD  
Константин Даньшин - Software  
Герман Шпаковский - Hardware, Drive Crew  
Вячеслав Чекалов - Hardware  
Глеб Евсеев - Hardware  
Никита Ежов - Hardware  
Илья Басов - Hardware  
Артём Рахимгулов - Hardware  
Егор Мороз - Hardware  
Константин Суворов - Hardware  
Михаил Козловский - Hardware  
Дарья Козодёрова - Design  
Лада Новицкая - Media

Главная цель на сезон – совершенствование навыков каждого участника, развитие команды, взаимодействие с сообществом FIRST и создание конкурентоспособного робота. Для более эффективной и быстрой сборки мы сначала тщательно продумываем, анализируем и визуализируем устройство каждого механизма с помощью САПР PTC Creo. Только после этого этапа механизм уходит в разработку.

## Действия, которые робот должен выполнять в этом сезоне:

### Автономный период:

- Определение расположения. Team Signal Sleeve
- Установка конуса на High Junction
- Разбор стопки с конусами
- Парковка в необходимой Signal Zone Location

### Телеуправляемый период:

- Установка конусов на Junction всех 4-х видов
- Постройка цепи

### Эндгейм:

- Захват приоритетных Junction'ов
- Установка конуса вместе с маяком
- Парковка

После этого наша команда начала примерное обсуждение того, как будут выглядеть и работать механизмы робота. Для равномерного развития навыков между всеми участниками мы решили вести два проекта параллельно:

- Младший состав, под присмотром старших, собирает временный вариант робота (codename: Ржавый) с использованием колёсной базы прошлого сезона, проектирует и воспроизводит новый захват.
- Старший состав разрабатывает основного робота (codename: Башка) с нуля: создает 3D-модель, прототип и далее воплощает проект в жизнь. Такой подход позволил нам и сделать хорошего временного робота и полностью сконцентрировать основной состав на финальном варианте робота.

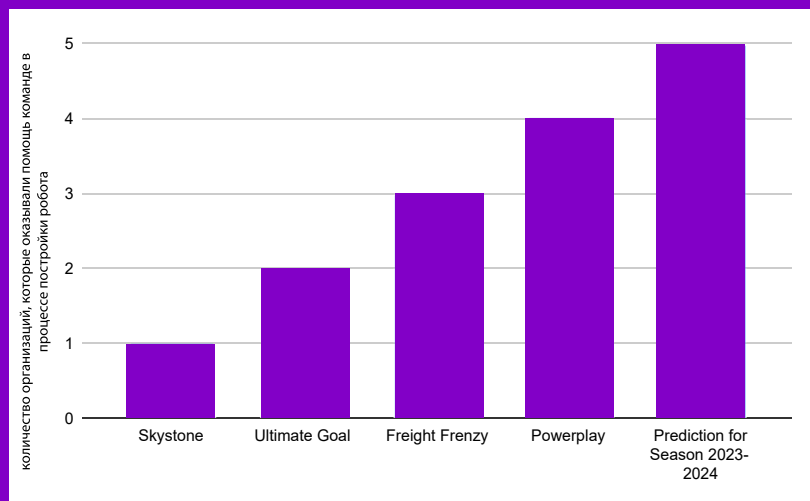
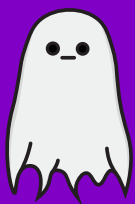
# Взаимодействие со STEM-сообществом

Почти с самого создания мы активно сотрудничаем с организацией, которая тесно связана с робототехникой – Инженерно-конструкторским центром сопровождения эксплуатации космической техники, который мы регулярно посещаем. Квалифицированные специалисты консультируют нас в плане сборки робота и моделирования механизмов, что способствует формированию у участников представления об обучении азам 3D-моделирования и о процессе создания модели робота.

Но в этом сезоне наше с ними сотрудничество вышло на новый уровень: после первых соревнований сезона мы пригласили в нашу мастерскую сотрудника ИКЦ СЭКТ, кандидата технических наук Сергеева Дмитрия Сергеевича. Мы рассказали ему нашу идею создания винтового механизма подъема конусов, который на тот момент мы пытались моделировать. Он поддержал нашу идею, предложил варианты ее оптимизации, а также провел лекцию, посвященную моделированию подобных механизмов и сложных передач, благодаря чему наш младший моделист смог создать механизм захвата конусов.

Когда пришло время воплощать этот механизм в реальность, у нас возникли проблемы: мы планировали его реализовать с помощью 6I Бронетанкового Ремонтного Завода, который нам неоднократно оказывал помощь в прошлых сезонах. Нам не смогли оказать помощь ввиду отсутствия необходимого оборудования – ЧПУ станка. Наша команда решила подойти к решению этой проблемы кардинально, ведь мы не стоим на месте и с каждым годом находим все новых и новых партнеров – организация ЦКБ МТ «Рубин» согласилась реализовать наш проект.

К следующему сезону мы планируем увеличить количество партнерских организаций.



## Программирование

В этом году одна из основных целей развития навыков в сфере программирования – передача навыков от старшего поколения новому. Программисты разработали план обучения новичков программированию, который состоял из теоретической и практической частей. Также, в этом году мы решили опробовать одометрию, используя «мертвые колеса», для чего были использованы датчики угла поворота вместо обычных энкодеров. В разработке плана принимали участие специалисты из НИУ ИТМО которые дали несколько советов по работе с PID-регулятором и одометрией.

## САПР и сборка робота

В составе нашей команды есть 3 человека, занимающиеся 3D-моделированием, и еще несколько участников, отвечающие за сборку робота. И сборщики и моделисты получают знания благодаря организации ИКЦ СЭКТ, которая консультирует их в области САПР и дает советы по постройке робота. Нельзя не отметить, что в 244 Лицее, а именно у Галкина Ивана Юрьевича, наш основной САД-моделист в прошлом обучался моделированию в программе Сreo. Именно благодаря этому мы можем самостоятельно смоделировать и напечатать необходимые нам 3D-модели, а также проектировать будущие механизмы робота во избежание конструктивных просчетов при постройке робота.

Помимо взаимодействия с 3D-принтерами как с инструментами для печати мы, благодаря родителю одного из наших моделистов, собираем самодельный 3D-принтер, что отлично развивает навыки конструирования.

В этом году мы приняли решение осваивать новую для нас систему автоматического проектирования КОМПАС-3D ввиду сложностей с получением лицензионной версии PTC Creo, а также для ведения некоторых проектов (механизм подъема конусов), в создании которых нам помогают представители научно-технического сообщества. Наш младший моделист уже блестяще владеет КОМПАСом и создал много важных деталей. Также, новичков консультирует наш ведущий САД-моделист - Дмитрий Корольков, имеющий большой опыт в 3D-моделировании.



План развития навыков					
1-ая встеча Лиги	2-ая встеча Лиги	3-я встеча Лиги	Ulianka Scrimmage	St. Petersburg Qualifier	Чемпионат России
Обучение новых участников команды с основными инструментами	Развитие навыков работы с разными видами передач	Моделирование сложных кривых поверхностей	Развитие навыков организации соревнований	Поездка в ИКЦ СЭКТ для развития навыков сборки	Поиск и привлечение спонсоров для оплаты перелета и проживания в Екатеринбурге
Обучение всех участников команды работе и настройке ЧПУ станков	Проведение лекции по моделированию сложных передач	Создание чертежей сложных кривых поверхностей	Обучение младших программистов оптимизации кода для лучшей работы робота на поле	Поездка в НИУ ИТМО для развития навыков программирования	Разработать колесную базу версии 3
Обучение основам работы в команде	Развитие навыков работы с блоками	Развитие навыков написания технической документации и ее оформления	Обучение программистов работы с датчиками (датчик расстояния, концевик)	Поездка в ООО "НПО"Старлайн"	
Развитие навыков организации рабочего процесса		Организация Ulianka Scrimmage для подготовки к отборочному чемпионату	Установка "мертвых" колес и энкодеров на робота	Развитие навыков составления презентации	
Менторы	STEM-сообщество	Участники команды	Не было выполнено		

# Взаимодействие с сообществом FIRST

Взаимодействие с сообществом FIRST – одно из важнейших проявлений Благородного Профессионализма. Наиболее активное взаимодействие у нас с командами Sputnik, с которыми мы взаимодействуем уже пятый сезон: проводим товарищеские матчи, делимся друг с другом идеями, обсуждаем спорные моменты и проводим тестовые матчи. В этом сезоне они отдали нам лазерный станок, который мы успешно настроили.

В свою очередь, мы помогаем Sputnik'ам с нарезкой деталей, а именно нарезали им захват игровых элементов, а также помогли во время соревнований починить цепь питания робота путем пайки.

Мы также активно взаимодействуем с молодыми командами. Так, на второй и третьей встречах лиги Санкт-Петербурга мы активно помогли команде Input/Output с написанием программы автономного периода, а на третьей встрече участники нашей команды даже были операторами их робота.

Помимо этого мы продолжаем продолжительное сотрудничество с командами WoEN: в этом сезоне мы поделились с ними частью игровых элементов ввиду задержки доставки их поля.

## ОРГАНИЗАЦИЯ СОРЕВНОВАНИЙ

В рамках подготовки к Региональным отборам и Национальному Чемпионату команды из Петербурга устраивают встречи Лиги Санкт-Петербурга и товарищеские встречи. За месяц до важнейшего регионального чемпионата St. Petersburg Qualifier мы, совместно с командами Sputnik, организовали товарищескую встречу Ulianka Scrimmage на территории нашей, 223 школы. Так, задолго до соревнований был объявлен набор волонтеров (среди которых были действующие участники и менторы обеих команд; ученики из 223 и 244 школ, родители участников), а также были привлечены спонсоры – МО Ульянка и StarLine для обеспечения питания волонтеров и приобретения призов победителям. На сами соревнования мы создали дизайн баннера товарищеской встречи.

Стоит отметить, что на некоторые соревнования в Петербурге и отборочный турнир Иркутске мы предоставляли игровые элементы для поля.

Родители некоторых участников команды также вызвались быть волонтерами на проведенной и принятой нами Ulianka Scrimmage.



# ПРОПАГАНДА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ИДЕЙ FIRST

В самом начале сезона POWERPLAY мы, совместно с командами Sputnik, организовали презентацию направления FIRST для учеников 7-9 классов 223 школы, где они смогли открыть для себя процесс постройки робота, познакомиться с игровым полем, а также попробовали стать операторами одних из самых сложных и конкурентоспособных роботов России

Помимо этого, несколько участников мероприятия подали заявку на вступление в команду, впоследствии ставшие полноценными членами команды: программистами, сборщиками и 3D-моделистами.

Мы активно ведем наши социальные сети: группа ВКонтакте, где выходят посты о прошедших мероприятиях, и Telegram-канал, который является одним из крупнейших в российском FTC, где всегда можно найти свежую информацию о жизни команды.

## БЮДЖЕТ

### СТАТЬИ РАСХОДОВ

Электроника	41150
Игровые элементы+доставка	51200
Реставрация ящика	1200
Конструкционные элементы	4810
Станок сверлильный	12000
Расходники для 3D-принтера	3510
Печать баннера	3000
Расходники	1494
3D-принтер	25000
<b>ИТОГО:</b>	<b>143364</b>



много!

деньги  
денюжки



### СТАТЬИ ДОХОДОВ

Родители	90000
Спонсор	30000
Командная подработка по 3D-проектированию	3000
Школа	25000
<b>ИТОГО:</b>	<b>148000</b>

надо больше



## Действия, которые должен выполнять робот в этом сезоне

### Автономный период :

- Определение сигнальной зоны и дальнейшей парковки в нее
- Доставка конуса на узлы (наземные, низкие, средние, высокие)

### Телеуправляемый период:

- Доставка конуса на узлы (наземные, низкие, средние, высокие)

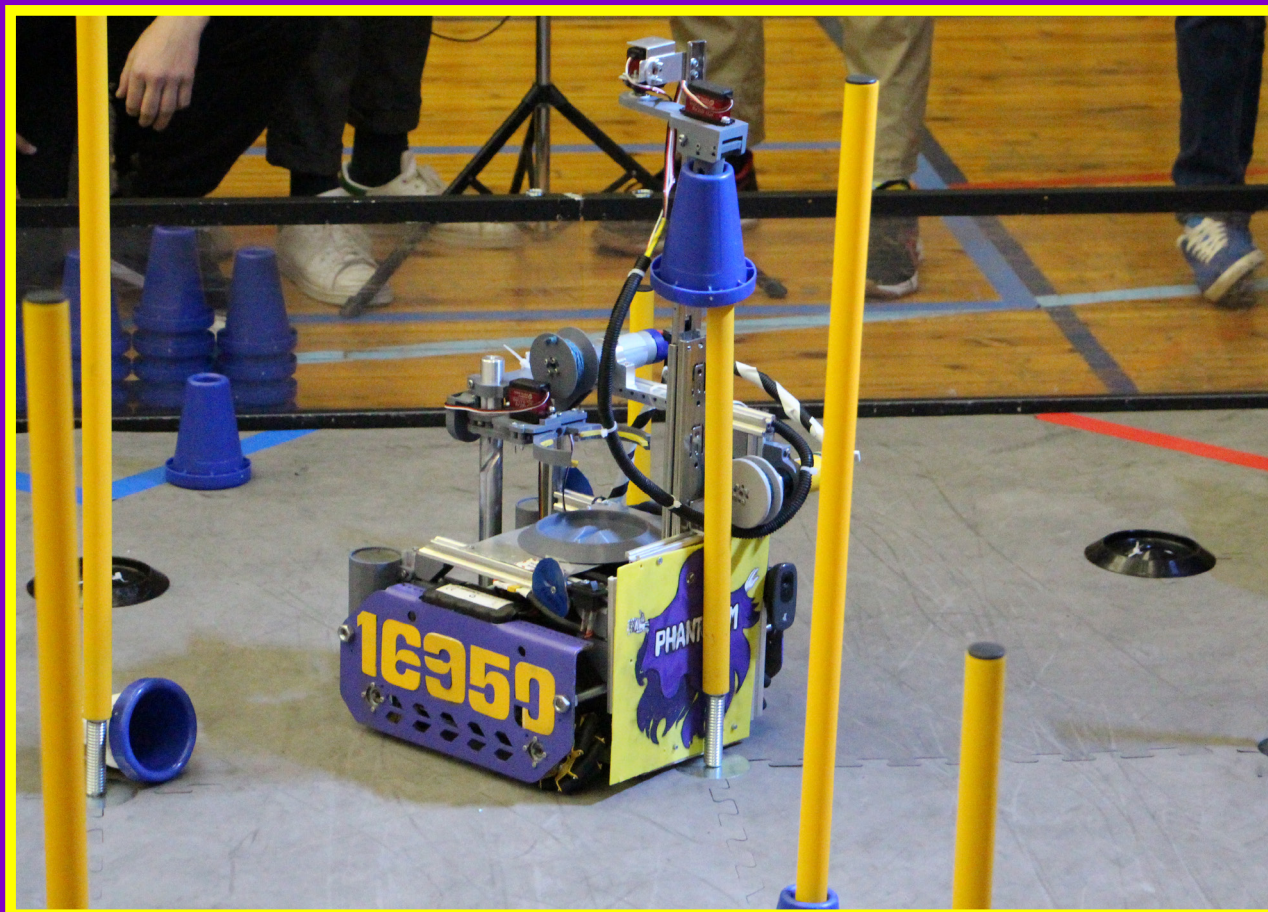
### Эндгейм:

- Захват узла
- Парковка в терминале
- Замыкание цепи

После этого наша команда начала примерное обсуждение того, как будут выглядеть и работать механизмы робота.

Мы приступили к составлению порядка их постройки, отталкиваясь от наших возможностей и соотношения сложности создания конструкций и количества зарабатываемых ими баллов:

1. Колёсная база
2. Механизм захвата и сброса конусов
3. Механизм подъема конусов





Как упоминалось ранее, колесная база была взята с прошлого сезона.

Данная база построена с использованием Mecanum-колёс, приводящиеся в движение моторами, смещенными к задней части и соединенные с колёсами посредством цепной передачи 3:2. Сами колёса расположены между двух стальных бортов, которые были вырезаны на лазерном станке.

Среди достоинств данной базы можно выделить:

- Возможность двигаться во всех направлениях
- Высокая скорость
- Удобство компоновки механизмов

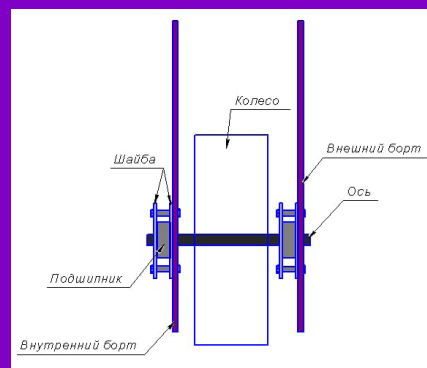


Несмотря на все преимущества, у данной базы есть основной недостаток – в этом сезоне на игровом поле присутствует большое количество объектов, среди которых на колесной базе размером 455 x 335 мм неудобно маневрировать, что сильно сказывается на результатах матча.



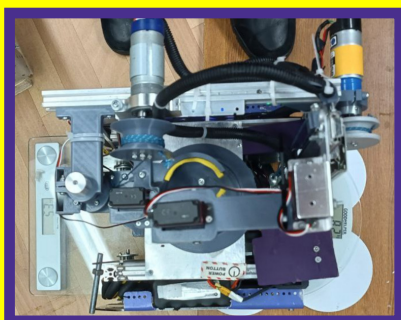
## ВЕРСИЯ 2.1

Перед старшими участниками команды стояла сложная задача – создать такую колёсную базу, которая не имела бы недостатков предыдущей версии. В результате долгих обсуждений было принято решение создать базу размерами 335 x 335 мм, приводимую в движение моторами goblida с передачей 19.2:1, которые соединены с новыми Mecanum-колёсами goblida посредством цепной передачи 3:2. Основным силовым элементом базы – борта из стали толщиной 3 мм, вырезанные на лазерном станке. Оси закреплены с помощью самоцентрирующихся подшипников, которые закреплены между двумя шайбами. Использование такого решения снижает нагрузку на ось и позволяет роботу двигаться ровно в заданном направлении, исключая отклонения. Для обеспечения еще большего удобства в компоновке механизмов было принято решение активно использовать конструкционные профили, которые дают полную свободу в выборе координаты установки механизма. В итоге, все недостатки колёсной базы версии 1 были устранены.

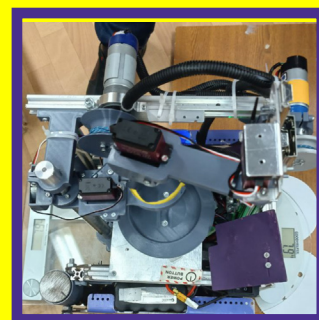


## ВЕРСИЯ 2.2

В процессе эксплуатации колёсной базы версии 2 появился еще один недостаток: при резком ускорении робот мог встать “на дыбы” из-за того, что центр масс был сдвинут



ближе к задней части робота: она весила на 2.9 килограмма больше передней, а весь робот весил 13.5 кг. Мы решили установить по 1.1 килограмму грузов на левую и правую передние стороны робота. Центр масс выровнялся, а робот стал весить 15.8 килограмм.



## ВЕРСИЯ 3 (концепт)

Данная версия колесной базы приумножает преимущества колесной базы версии 2, помимо этого имея свои плюсы.

Основная концепция 3 версии заключается в использовании независимой поддержки колеса, которая обуславливается использованием придуманной нами системой механизмов: для каждого колеса мы будем использовать отдельный каркас, который помимо того что не даёт колесу отклоняться от изначального направления, так и имеет свои преимущества в починке. Например, в случае неполадки нам следует лишь снять неисправный модуль с колесом, а не разбирать всю конструкцию. Эта версия находится в активной разработке и мы хотим реализовать её к чемпионату.

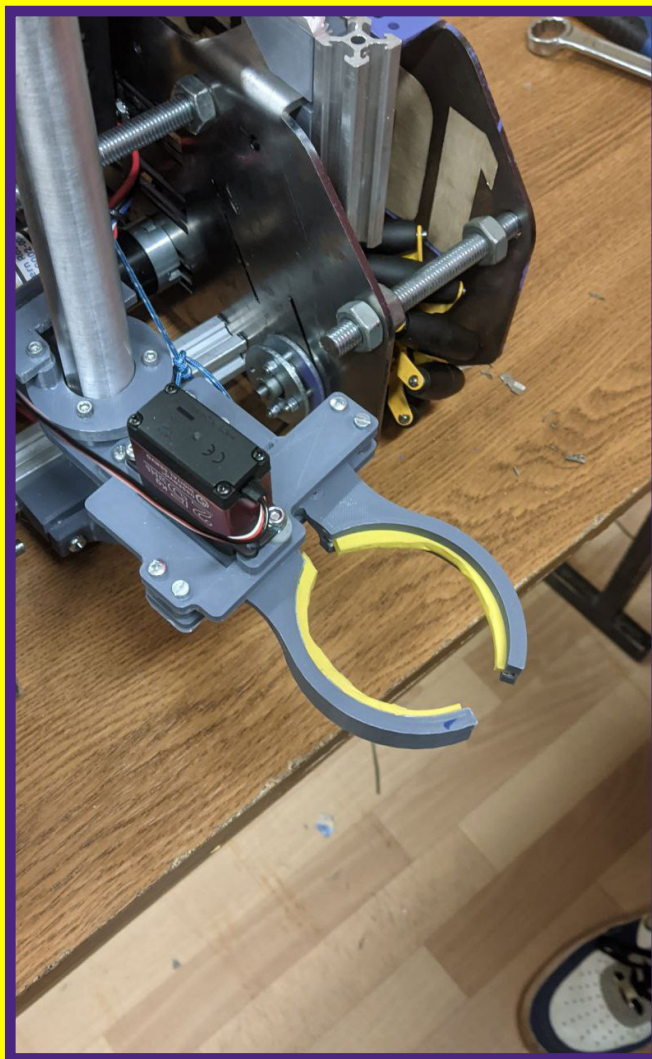


# МЕХАНИЗМ ПОДЪЁМА КОНУСОВ ВЕРСИЯ 1

При проектировании данной версии механизма мы не применяли никаких математических расчетов, из-за чего во время работы робота игровой элемент мог выскочить из механизма и вылететь внутрь робота. Также, использование такого механизма приводит к значительным затратам времени (захват – подъем – разворот). Он представляет собой обычный клешневой захват, закрепленный на направляющих полного выдвижения с системой блоков, которые поднимаются за счёт мотора с катушкой.

## ВЕРСИЯ 2

Вторая версия механизма представляет собой все тот же клешневой захват, но закрепленный не на направляющих, а на сложном подъемнике, который создан нами с нуля. Подъемник представляет собой алюминиевый пруток, на внешней окружности которого проточена канавка, таким образом, что захват «скользит» по прутку, поднимается и одновременно разворачивается на 180 градусов, передавая захваченный игровой элемент в следующий механизм. У нас появилась идея этого механизма, но она была слишком сложной для разработки и изготовления только участниками команды. Для решения этой проблемы мы привлекли человека из ИКЦ СЭКТ, а именно Сергеева Дмитрия Сергеевича, начальника проектно-конструкторского отдела и кандидата технических наук, который провел лекцию по моделированию сложных механизмов и помог в разработке модели. Историю изготовления этого механизма вы можете посмотреть в разделе «Взаимодействие со STEM-сообществом». Это позволило нам получить опыт работы с производствами и высококлассными инженерами, и создать надёжный, хорошо работающий уникальный механизм.



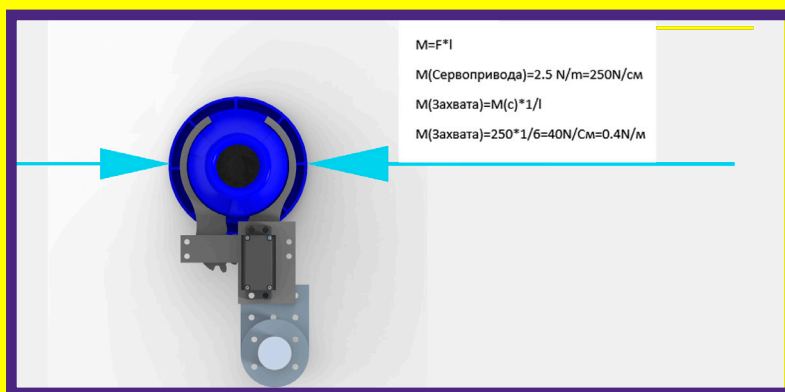
# МЕХАНИЗМ ЗАХВАТА И СБРОСА КОНУСОВ ВЕРСИЯ 1

Как упоминалось ранее, данный механизм представляет собой обычные мебельные направляющие полного выдвижения, которые двигаются вверх-вниз благодаря мотору с катушкой, на которую наматывается веревка. Основной недостаток заключается в необходимости постоянно контролировать состояния веревки и катушки: при определенных обстоятельствах веревка могла намотаться на вал мотора, и механизм выходил из строя.

## ВЕРСИЯ 2.1

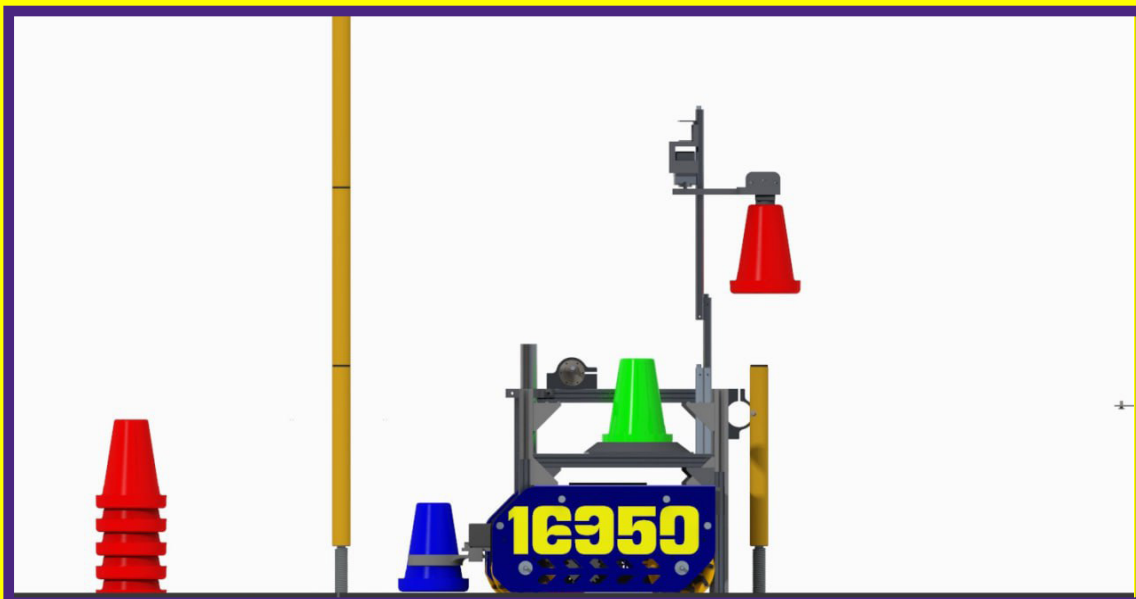
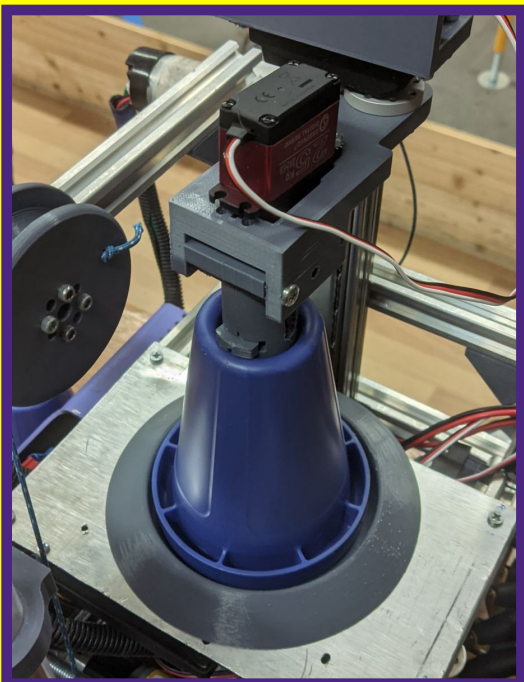
Вторая версия не имеет ничего общего с первой – принципиально новый механизм устроен следующим образом: из механизма захвата, конус попадает на стол, по форме напоминающий Ground Junction, внутрь конуса вставляется захват, закрепленный на направляющих, и элемент этого захвата распирается внутри конуса. Захват поднимается на необходимую высоту (в зависимости от Junction), благодаря сервоприводу разворачивается на 180 градусов, захват отпускает конус, конус ставится на Junction.

Стоит отметить что вся конструкция захвата была смоделирована и изготовлена нами. Путем консультации с менторами и исходя из опыта наблюдения за другими командами мы разработали самый эффективный и надежный механизм, который представляет собой пальчиковый захват, элементы которого выдвигаются не за счет зубчатой шестерни на оси сервопривода, а за счет раздвижного механизма, который выдвигает элементы “пальчика” упирающиеся во внутреннюю часть конуса.



## ВЕРСИЯ 2.2

В процессе матчей мы обнаружили, что механизм подъема поднимается слишком медленно, что влияет на исход матча. В предыдущих версиях он поднимался благодаря мотору Tetrax с редуктором 60:1. Мы установили вместо него мотор GoBilda с редуктором 19.2:1, который в считанные мгновения справляется со своей задачей. Также сервопривод на 25 килограмм, отвечающий за разворот конуса вращал захват слишком медленно, на разворот уходило около 1.3 секунды. Было принято решение заменить сервопривод с увеличенной скоростью и мощностью, с усилием на валу 30 кг, что позволило выполнять разворот за ~0.8 секунды.



	Колесная база	Механизм подъёма конусов	Механизм захвата и сброса конусов
1-я встреча Лиги	версия 1	версия 1	версия 1
2-я встреча Лиги	версия 1	версия 1	версия 1
3-я встреча Лиги	версия 2.1	версия 2.1	версия 2.1
Ulianka Scrimmage	версия 2.2	версия 2.1	версия 2.2
St. Petersburg Qualifier	версия 2.2	версия 2.1	версия 2.2



# ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ

Сначала в автономном периоде мы использовали перемещение по таймингам, но затем для того, чтобы наш робот мог перемещаться на одинаковые расстояния вне зависимости от заряда аккумулятора, перешли на энкодеры. Для поворотов также использовались энкодеры, но мы решили отказаться от них в пользу гироскопа, так как он обеспечивает бóльшую точность и позволяет избавиться от погрешности, возникающей из-за особенностей колёсной базы на Mecanum-колёсах.

## ДАТЧИКИ

У нас на роботе установлен Touch Sensor, который используется для оптимизации работы драйверов. По нажатию драйвера на кнопку запускается цикл, в котором программа проверяет, нажата ли кнопка, и пока она не нажата мотор поднимает механизм захвата конуса. Когда сенсор оказывается нажат, то алгоритм останавливает подъем и отпускает конус. Также этот сенсор позволил нам реализовать метод для автономного периода, благодаря чему робот может устанавливать несколько конусов. Еще мы используем Range Sensor. Он необходим для проверки наличия конуса в нашем роботе. Эта возможность используется в автономном периоде для более точного и результативного захвата конуса и последующей его установки. Это достигается путем проверки расстояния во время поднятия конуса на High Junction, если расстояние больше определенного значения робот пробует захватить конус повторно.

## РАСПОЗНАВАНИЕ

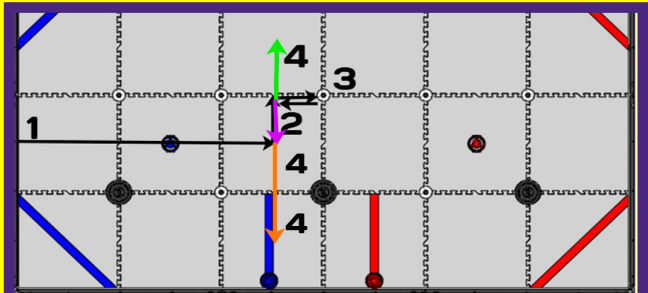
Для распознавания мы используем библиотеку Easy OpenCv, которая является версией библиотеки OpenCV, адаптированной под FTC SDK. У нас есть 2 прямоугольных региона, которые расположены так, чтобы распознавать 2 области на нашем маяке.

Для задания размеров и расположения регионов на экране используются значения переменных, которые настроены так, чтобы маяк находился в центре. Исходное изображение было в цветовой модели RGB, для распознавания мы переводим его в черно-белое. Для определения нахождения объекта в определенном регионе мы сравниваем количество пикселей определенного оттенка в каждом из 2 регионов и в зависимости от того, какая комбинация цветов будет на маяке мы будем двигаться по определенной траектории.

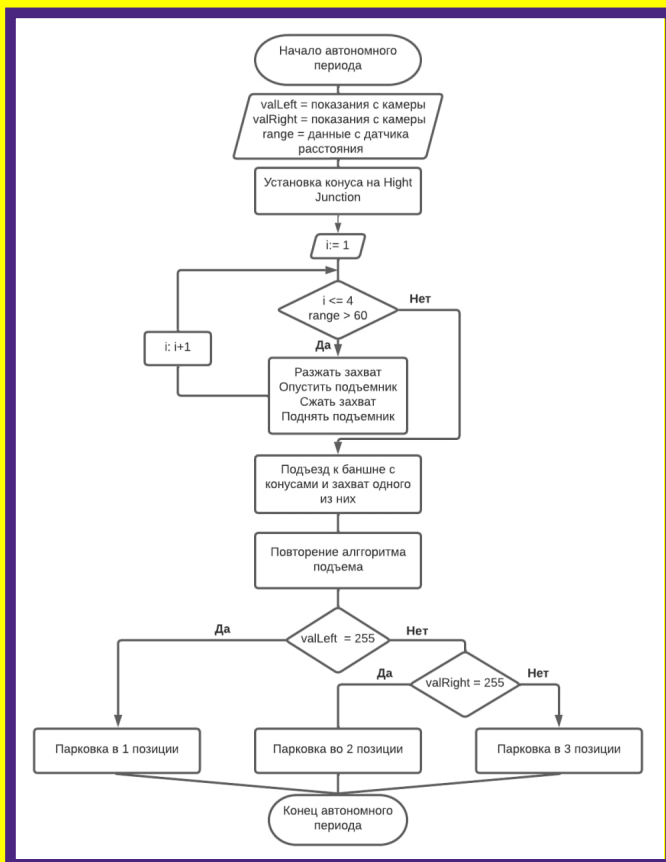
## ТАКТИКА

В автономном периоде мы используем такую тактику: стартуем между Ground Junction и Low Junction. Затем едем до High Junction, одеваем на него конус, загруженный в робота. После этого паркуемся в области, определенной рандомизацией поля.

Для удобства управления роботом все задачи были четко распределены между двумя операторами. Оператор 1 полностью сосредоточен на управлении колёсной базой, а оператор 2 отвечает за остальные механизмы. Такой принцип распределения задач требует от операторов четкого понимания игрового процесса и такой же четкой синхронизации действий между ними. Благо, операторский состав сработался между собой еще в прошлом году, а в этом сезоне они показывают более высокие результаты. Для каждого противника у нас своя тактика, которая диаметрально отличается. К примеру в матчах с довольно слабыми командами мы действуем на всём поле пытаемся собрать цепь и захватить как можно больше Junction-ов, в матче же с более опытными командами мы действуем на своей половине поля, ломая цепь противника и насаживаем много конусов всего на несколько Junction-ов. Такой подход позволяет нам обыграть более сильный альянс. К такой тактике мы подошли благодаря подсчету очков и опыту полученном на товарищеских встречах. В том числе и на встрече организованной нами, где такая тактика позволила нам выйти в финал.



1. Старт от борта
2. Подъезд к High Junction
3. Установка конуса на High Junction
4. Парковка в соответствии с рандомизацией



1 оператор



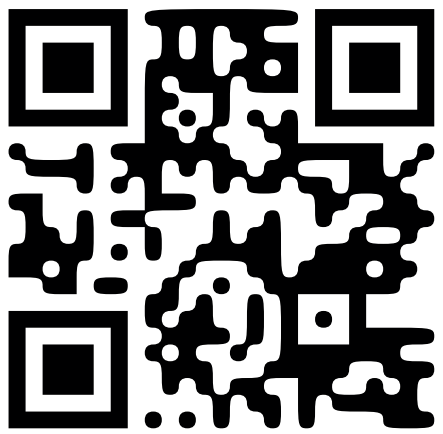
2 оператор



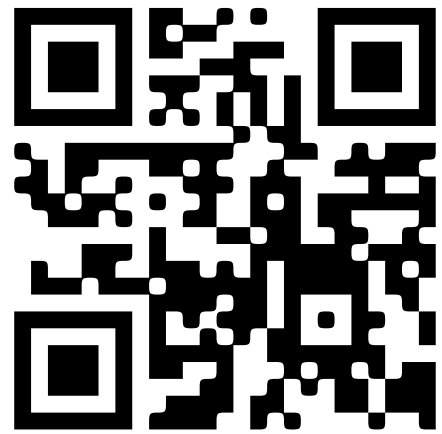
\*летят по своим призрачным делам



ПОДПИШИСЬ



**phantom\_ftc**



**phantom16950**