

# \* Robo Band

Энергозаряд - ни эрга во вред природе!



# Стратегия прохождения миссий.

Ну вот мы и получили поле! И сразу же приступили к разработке стратегии миссий. Логика нашей стратегии:

1. Мы начинаем с миссии, выполнение которой требует наибольшего навесного оборудования с большим количеством штифтов, ведь мы можем подготовить все заранее.
2. Также первыми мы выполняем миссии, в которых мы получаем энергетические элементы, и только затем миссии, в которых их размещаем.
3. Сначала выполняем миссии на одной стороне, потом робот переезжает с элементами и навесным оборудованием на другую сторону.
4. Мы стараемся объединять выполнение миссий в наименьшем числе выездов.
5. Комбинируем миссии, которые требуют того же навесного оборудования
6. Обращаем внимание на простоту и легкость замены навесного оборудования
7. Стараемся делать так чтобы выполнение миссии не зависело от небольших ошибок в координатах и углах запуска.

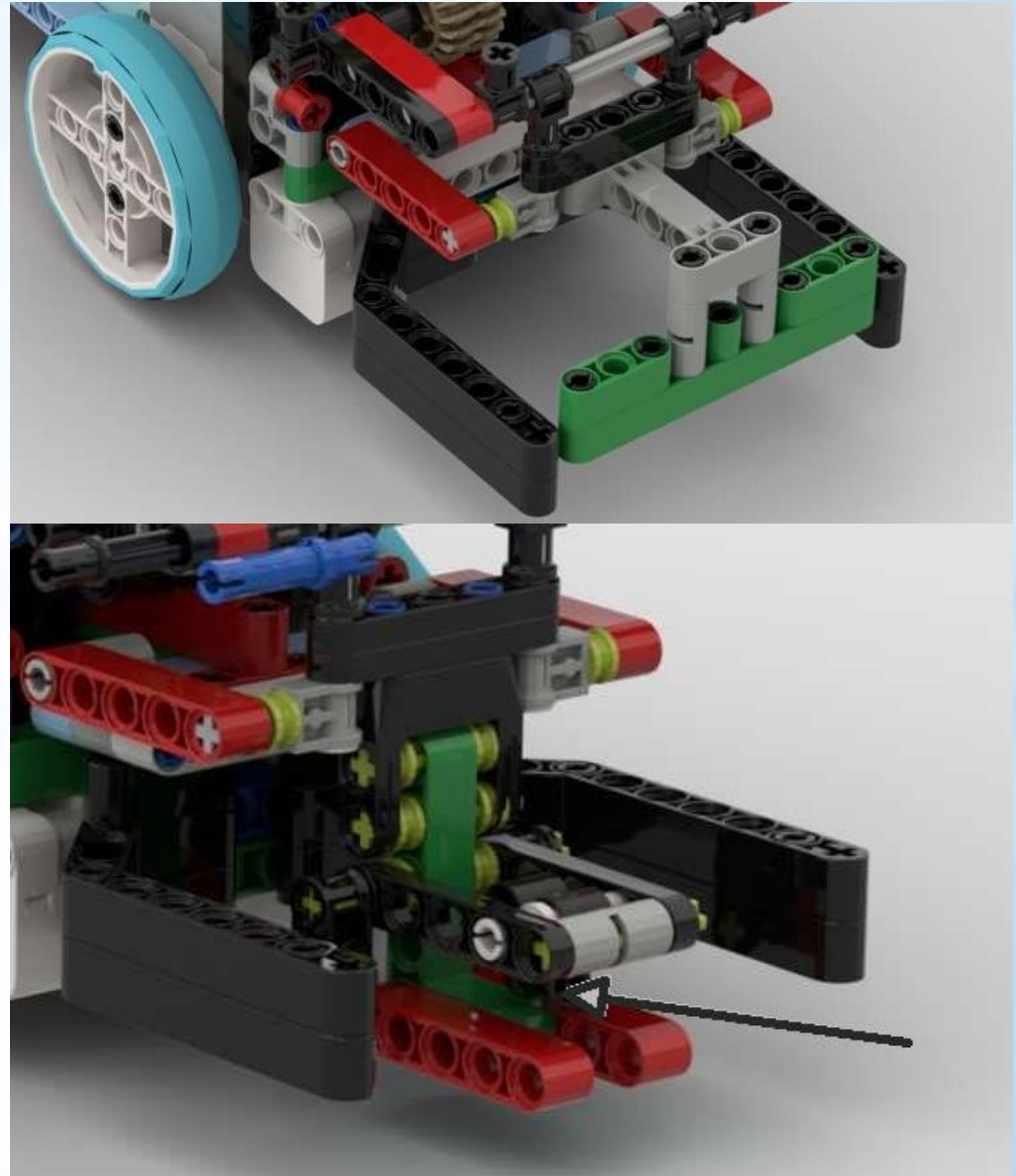




# Миссии 8 (Телевизор) и 2 (элемент - вывоз автоцистерны)

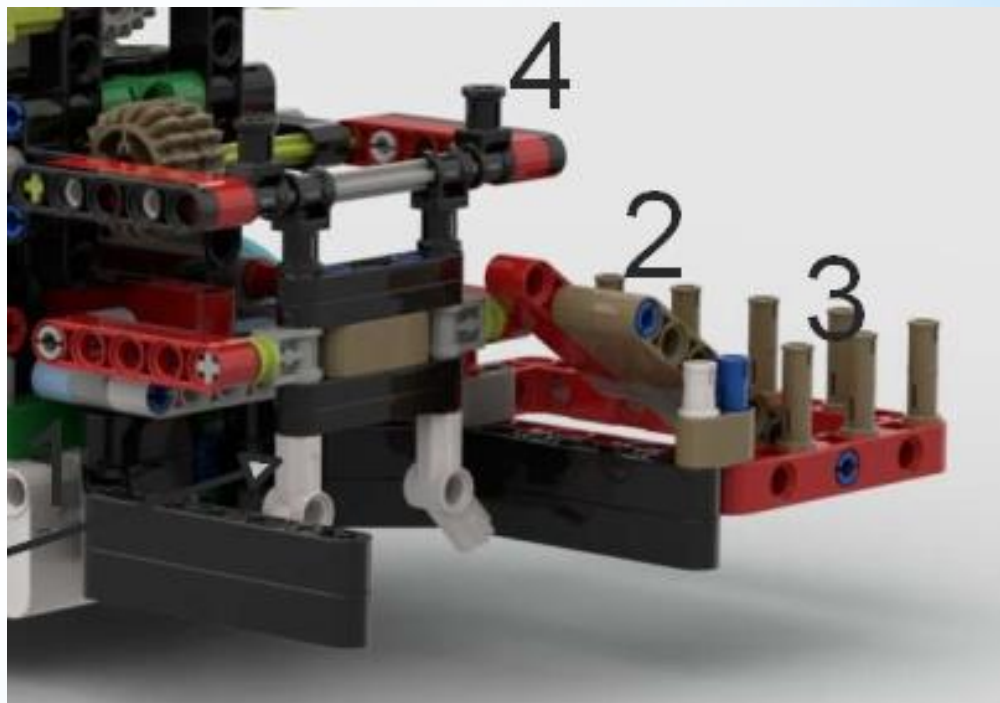
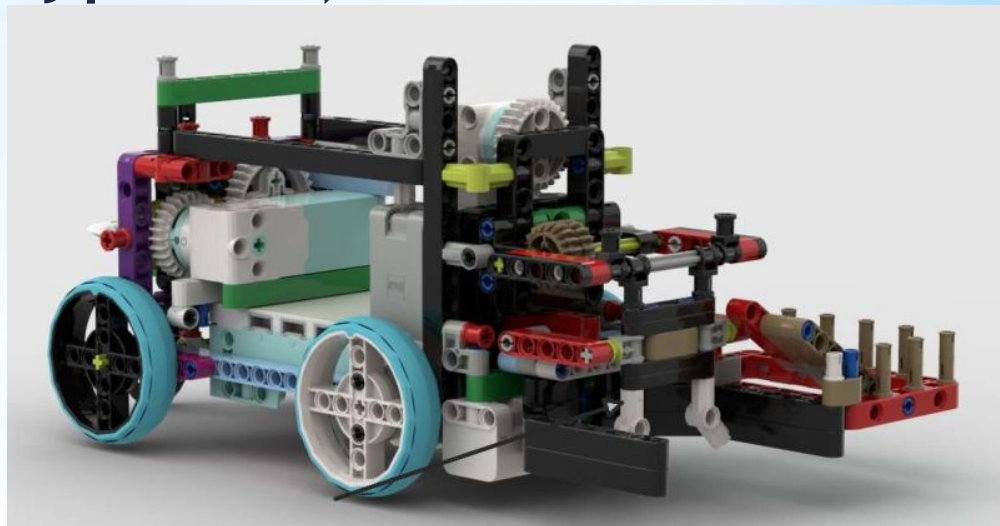
Наиболее простые, на наш взгляд, миссии - для миссии 8 достаточно поставить бампер, причем как за на высоте 3 слоя, чтобы линия приложения силы была ближе к центру масс робота и чтобы вращающий момент был меньше. В миссии 8 скорость движения после контакта бампера с толкателем мы уменьшаем - иначе элемент может выскочить из телевизора.

Для миссии 2 (вывоз нефтевоза) мы сделали захват с эксцентриком, который отпускает нефтевоз при переворачивании. Эксцентрик (элемент Lego 32291) захватывает ручку нефтевоза, а отпускает при перевороте. Обе задачи простые - подъехал, въехал, уехал. Но есть тонкости.



# Миссии 7 (ветряная турбина)

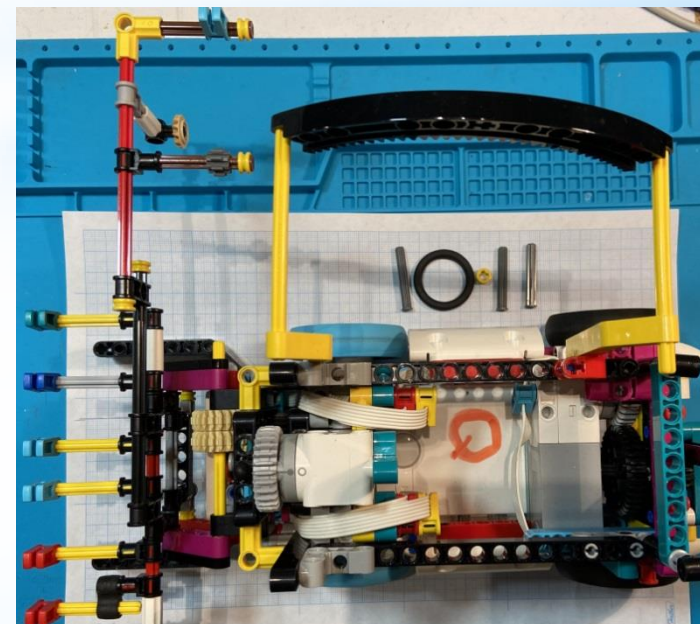
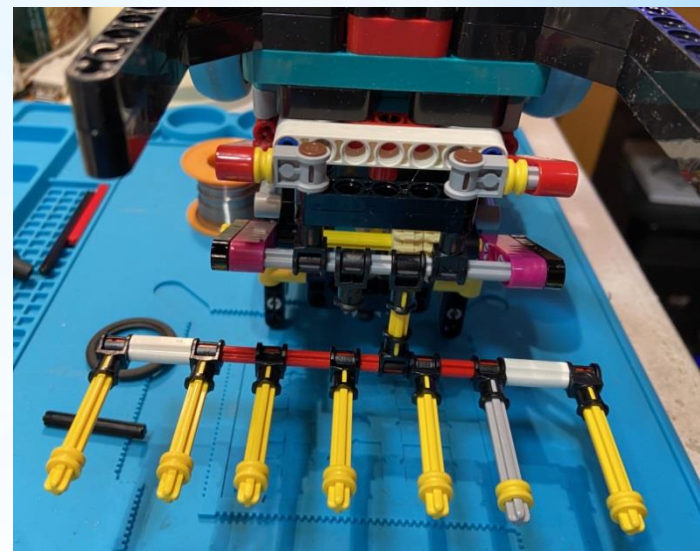
Тонкость выполнения задач Миссии 7 заключалась в том, что возврат толкателя не гарантирован, так что нам нужно было или делать так чтобы от удара был сильный откат, либо помочь толкателю вернуться в исходное положение. Мы решили пойти по более сложному, но более надежному пути - сделать так чтобы при обратном движении робот тянул и толкатель. «С места» робот не всегда мог толкать или тянуть толкатель, поэтому мы сделали «люфт» - зазор, чтобы робот мог немного разогнаться перед толчком или рывком толкателя. Обозначения 1- зазор для разгона, 2 - наклонная плоскость для элементов, 3 - ограничитель для падающих элементов, 4 - четырехзвенный механизм





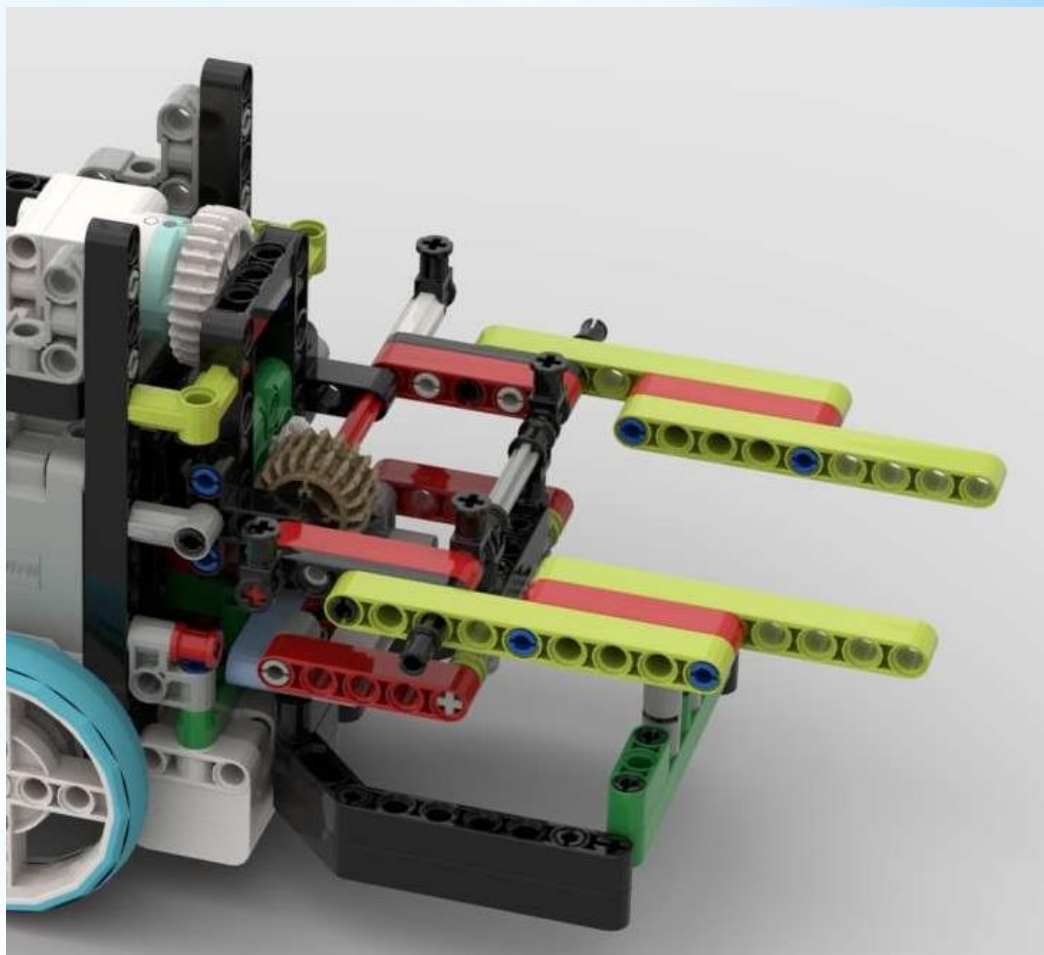
# Миссии 10 и 11 - ГЭС и Водохранилище

мы сделали многозубые «грабли» со стопорами. Робот подъезжает под петли и затем поднимает «грабли», и так движется до следующего элемента. Движение осуществляется по гироскопу и подсчету угла поворота двигателя. Затем с помощью других граблей, фото ниже, элементы одеваются на рычаги и одновременно поднимается (черным элементом с зубчатой накаткой) и рычаг элемента. Задача миссии выполняется только по гироскопу, без следования линии.



# Миссии 2, 13, 14

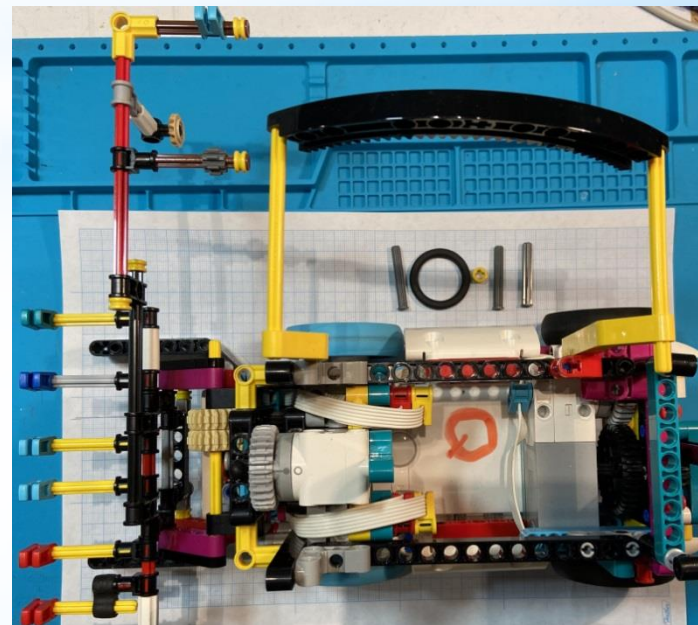
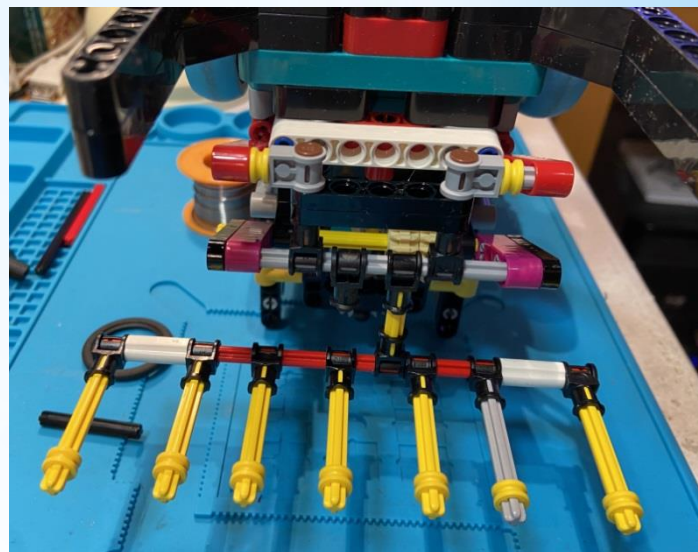
Поскольку энергетических элементов меньше, чем мест куда их можно поместить за очки, мы решили что в миссии 13 мы обойдемся без закладки элементов, а только выпустим на свободу игрушку. Как мы писали выше, мы стараемся чтобы ручной работы, где можно сделать ошибку, было как можно меньше - мы сделали для доставки элементов в миссии 14 и «накачки» нефтяной вышки один комплект навесного оборудования. Так что мы одним и тем же навесным оборудованием, за один проход довозим элементы до поля





# Миссии 10 и 11 - Водохранилище и ГЭС

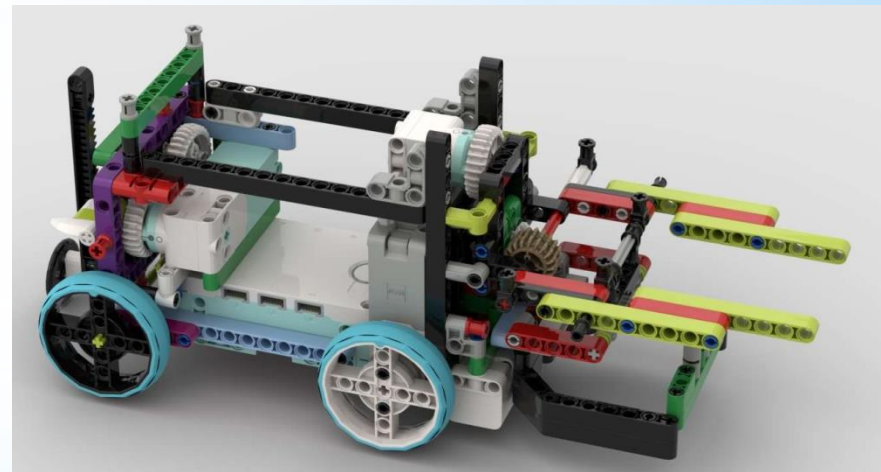
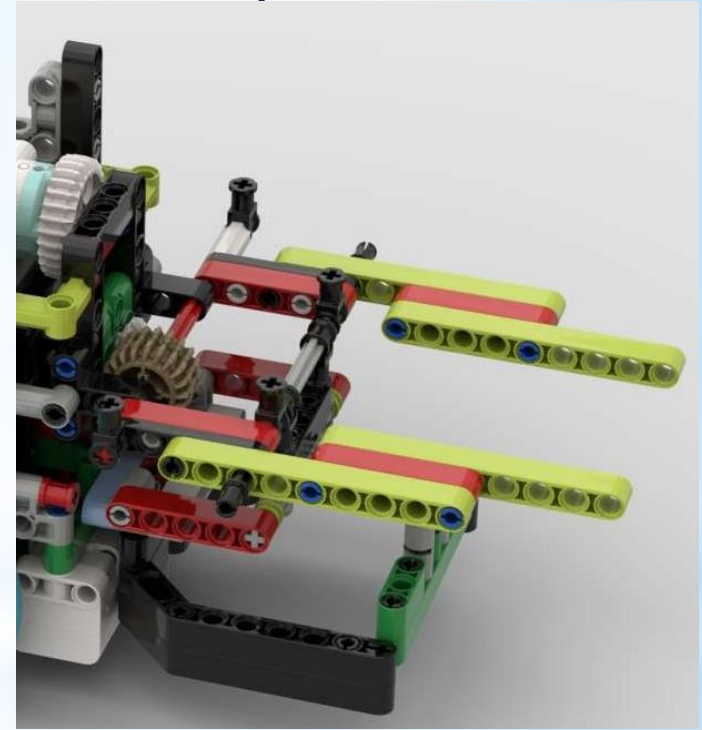
Мы сделали многозубые «грабли» со стопорами. Робот подъезжает под петли и затем поднимает «грабли», и так движется до следующего элемента. Движение осуществляется по гироскопу и подсчету угла поворота двигателя. Затем с помощью других граблей, фото ниже, элементы одеваются на рычаги и одновременно поднимается (черным элементом с зубчатой накаткой) и рычаг элемента. Миссии делается только по гироскопу, без следования по линии.



## Миссии 2, 13, 14- Нефтеплатформа («откачка»), фабрика игрушек (грузовичек) и аккумуляторная батарея.

Поскольку энергетических элементов меньше, чем мест куда их можно поместить за очки, мы решили что в миссии 13 мы обойдемся без закладки элементов, а только выпустим на свободу игрушку. Как мы писали выше, мы стараемся чтобы ручной работы, где можно сделать ошибку, было как можно меньше - мы сделали для доставки элементов в миссии 14 и «накачки» нефтяной вышки один комплект навесного оборудования.

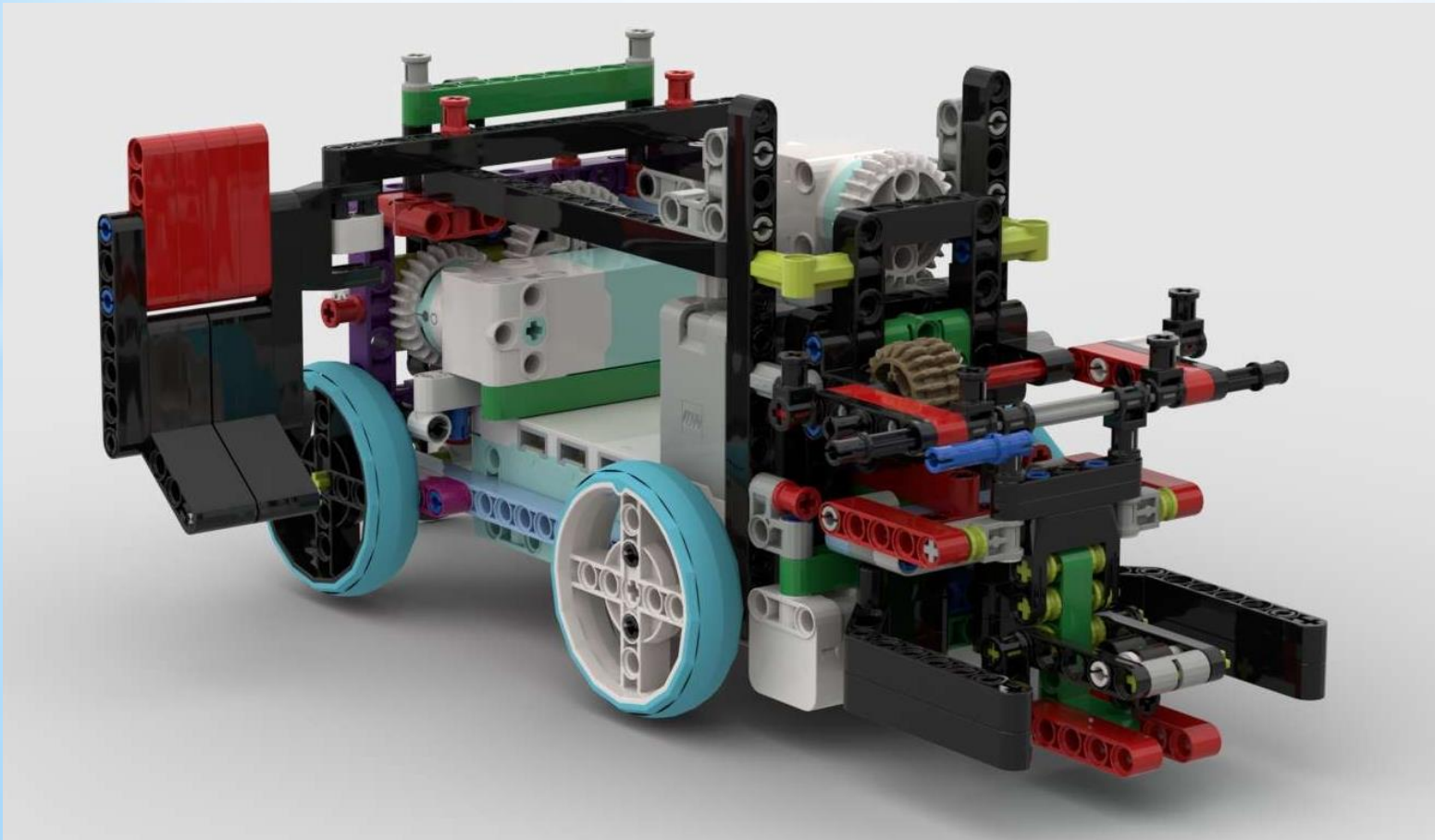
Совок (зеленый) доставляет элементы в зону 14, желтые рычаги отпускают авто в миссии 13 и «накачивают» топливные элементы в миссии 2





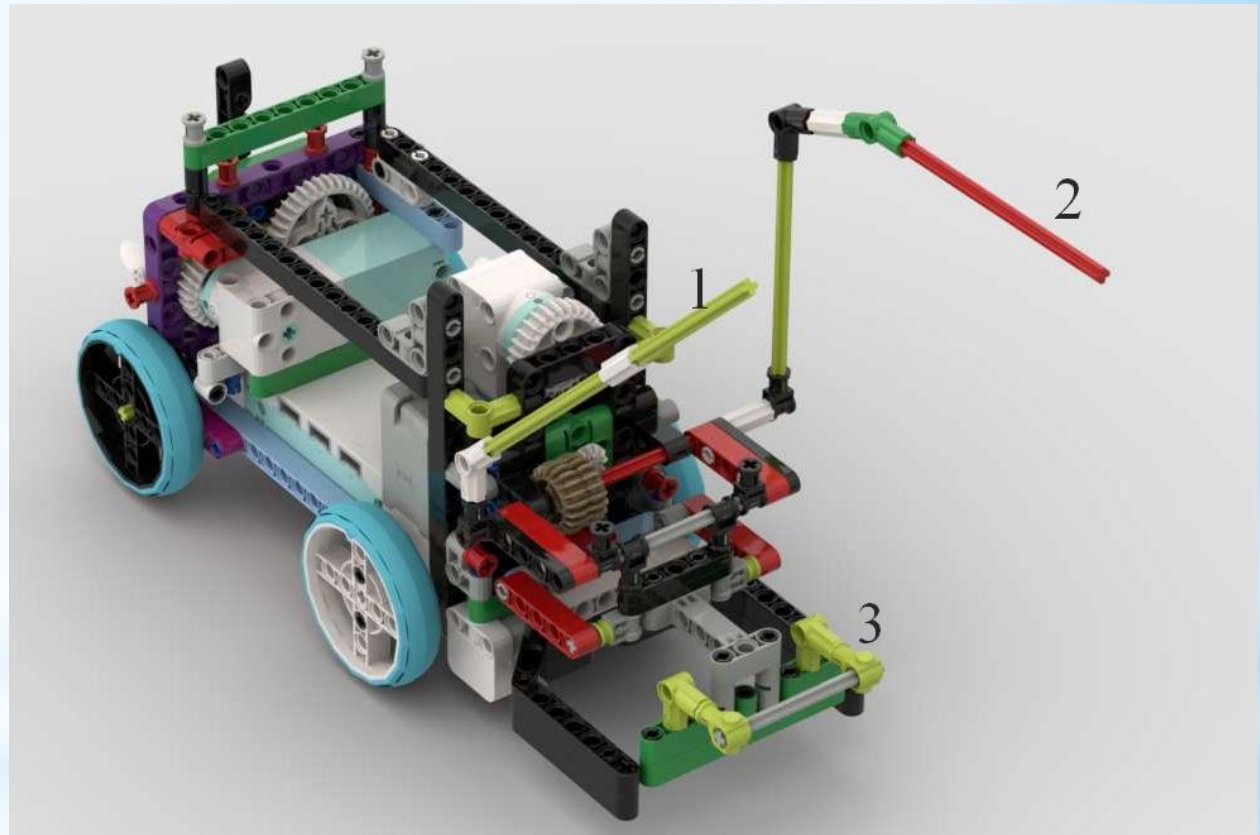
## Миссии 2 (автоцистерна) и 6 (гибридный автомобиль)

Поскольку в миссии 2 доставка нефтевоза не требует того чтобы он ничего не касался, то мы выбрали миссию 2 (часть с нефтевозом) последней миссией. Заодно мы оборудовали робота толкателем, который спустит с горки гибридный автомобиль. Крюком с эксцентриком мы вывозим нефтевоз, грузим его на робота и едем к цели- в зону и заодно спускаем с эстакады автомобиль 6. Выдыхаем!



## Миссии 3, 5 и 4.

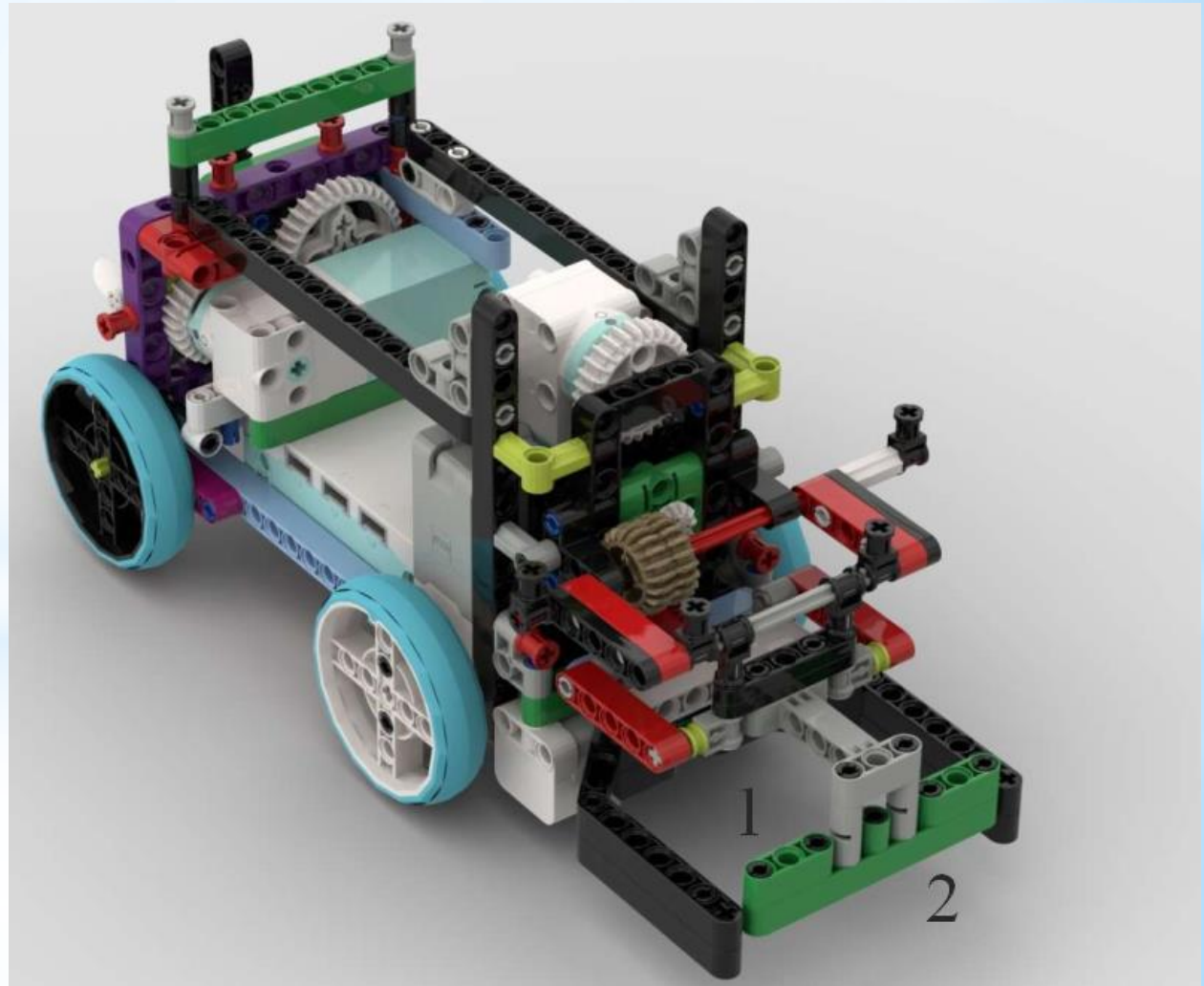
Для доставки элементов в бункер 3 мы используем ось 1. Ось поворачивается и при движении ссыпает элементы в бункер 3. Затем робот движется к элементу 5 и с помощью поднимаемого элемента 3 выдвигает рычаг, поднимая контакт. После разворота робот подъезжает к элементу 9, открывает фиксатор осью 2, нажимает педаль рычагом 3 и элемент оказывается в рычаге 2. Божественные элементы скатываются и мы ловим их в домашних зонах.





## Миссии 1, 12, 15 и 4.

Эти миссии - просто доставка, поэтому мы объединили их. Сначала мы толкаем элемент в правую зону жилых домов 15, потом грузим элементы для 1 и 12 за совком (зона 2 на рисунке), а элемент для 15 (левой) в совке (зона 1) и доставляем одним сложным движением. Заодно на этом движении мы загружаем в робот все что нам нужно для работ в левом доме и элементы для доставки в миссии 14.



# Последовательность выполнения миссий.

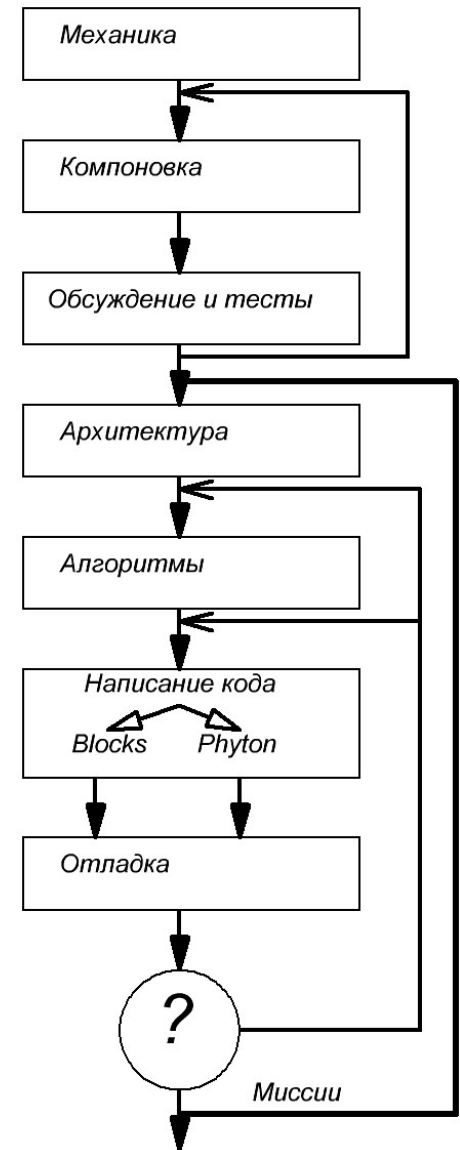
1. Миссия 7
2. Миссия 8
3. Миссия 4 (сбора элементов) и 3 (забрать контейнер)
4. Миссия 10
5. Миссия 11
6. Миссии 3, 5, 9
7. Миссия 15 (правая часть)
8. Миссии 1, 12, 15 и переезд в левый дом.
9. Миссии 2, 13, 14
10. Миссия 2 (привозим нефтевоз)
11. Миссии 2 (завершение) и 6.





## Разработка дизайна. Постановка задачи.

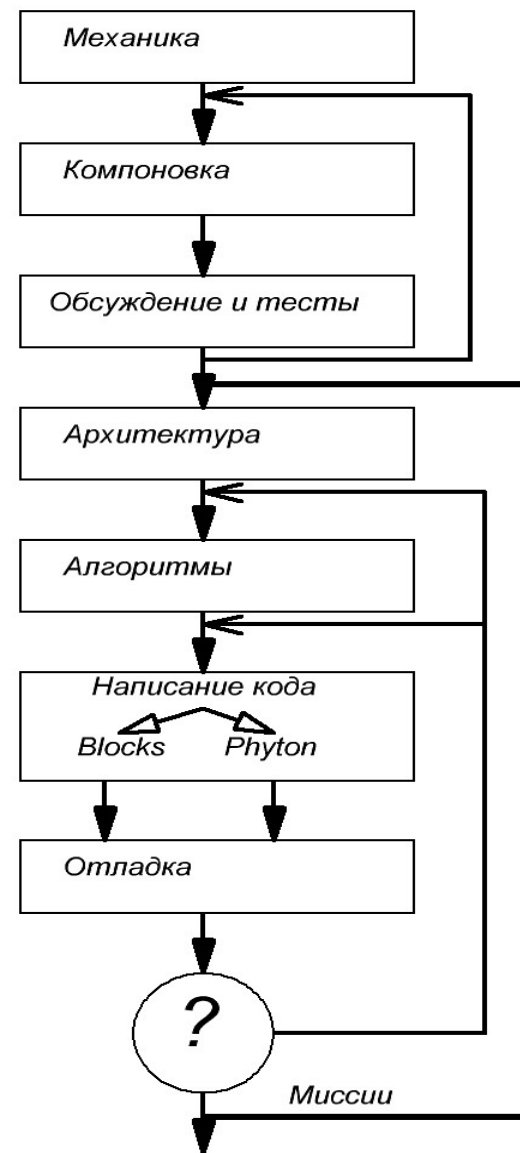
1. Рассмотреть физику (механику) движения робота для выбора компоновки. Рассмотреть различные варианты, имеющиеся в литературе
2. Сделать модельного робота для испытаний. Мы выбрали робота MiniMax [1].
3. Исследовать на модельном роботе различные компоновки ходовой и исполнительной части.
4. Разработать дизайн, исходя из полученных нами данных по управляемости, точности, поворачиваемости для разных версий.  
Стараемся обойтись, там где возможно, без механических направляющих
5. Разработать стратегию прохождения миссий
6. Разработать навесные элементы, особо обращая внимание на простоту и легкость замены навесного оборудования
7. При разработке робота и навесного оборудования стараемся сами придумывать компоновку, исходя из опыта наших коллег. Набираемся своего опыта, обмениваемся наработками с коллегами, в том числе и из-за рубежа.



# Разработка - три модели робота

Мы (три группы) выбрали три разные модели роботов - на основе конструкции [5], и совершенно оригинальные модели на EV3 и Education Spike Prime. Конструировали исходя из блок-схемы разработки.

При этом все три группы проводили совместные «мозговые штурмы» и обсуждения, а также тестирование компоновок и решений.



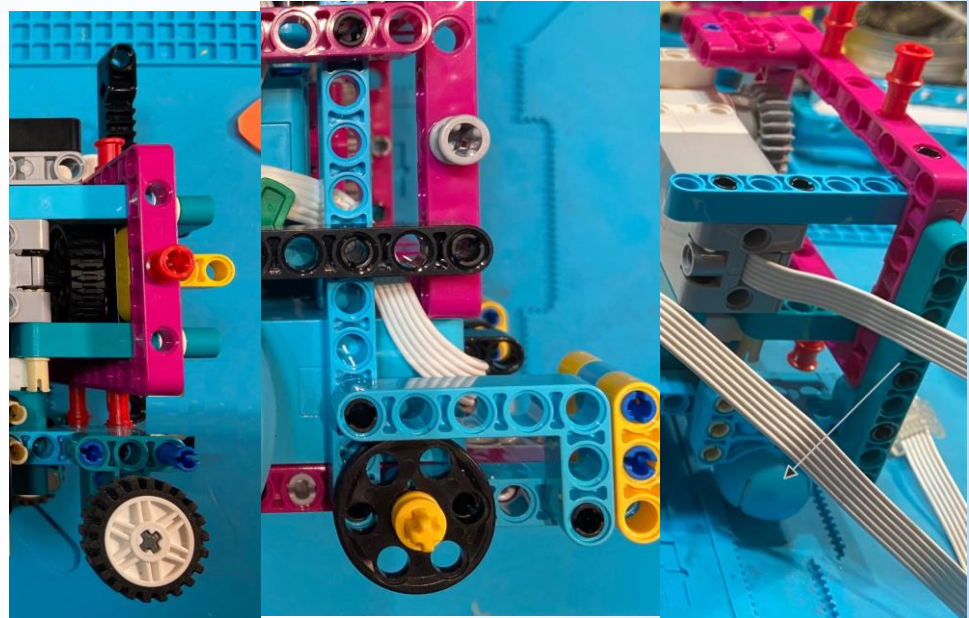


# Выбор механической компоновки

Мы провели «мозговой штурм» - генерацию идей по пассивной (не ведущей) части ходовой нашего робота. Были сделаны следующие предложения:

1. Легкие пластиковые колеса Lego 4185
2. Легкие пластиковые колеса с резиновым ободом Lego 4185 + 2815
3. Пластиковые колеса с резиновым ободом 56902c01
4. Шарики в держателе- 2, по бокам
5. Шарик в держателе, 1 посередине
6. Колеса  $\varnothing 56$  мм

Мы даже протестировали даже школьный стол как модель робота - при выборе типа привода - передний или задний.



# Выбор типа привода

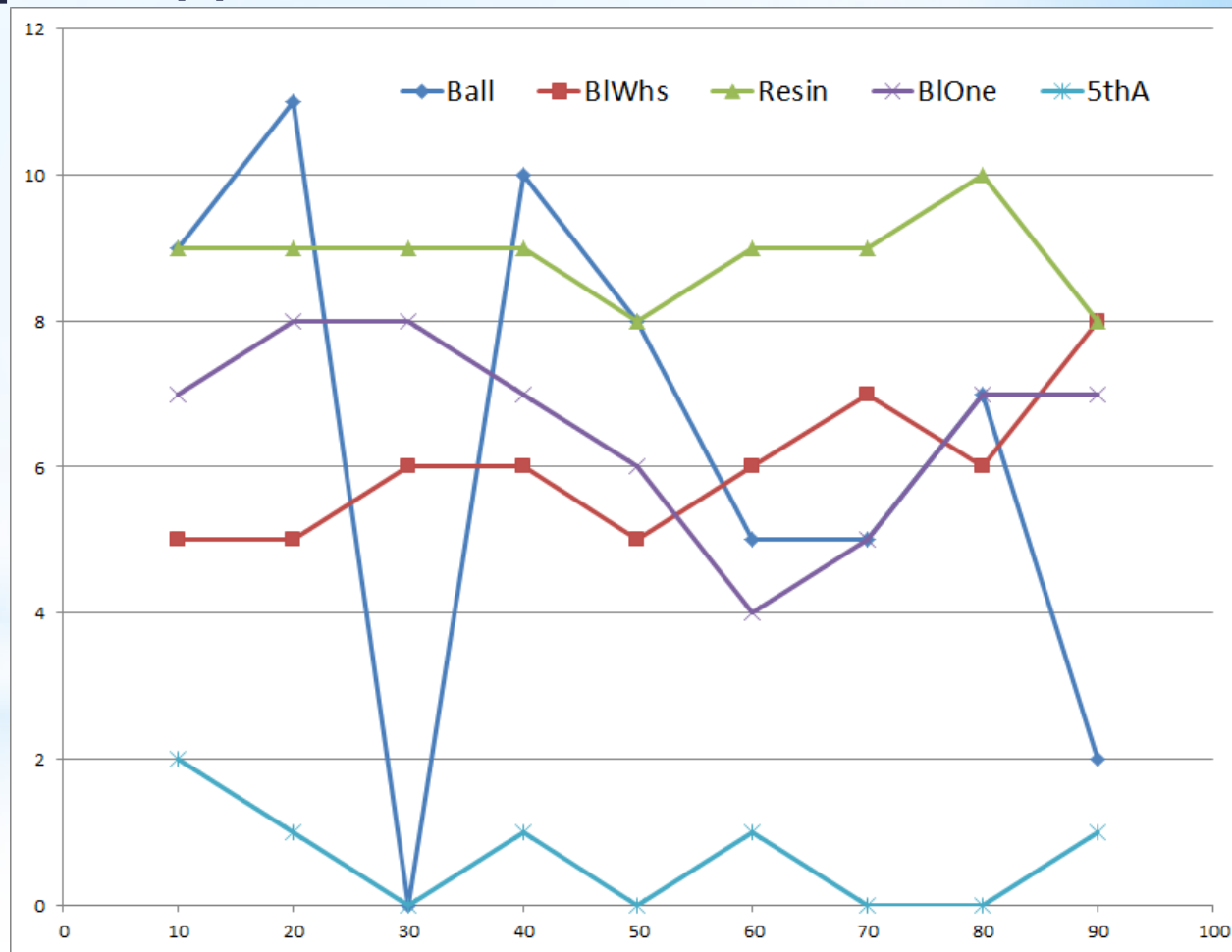
Но (из списка выше)	Движение по прямой	Точность разворота	Радиус разворота	Точность оси после разворота
1	+	+	+	-
2	++	--	--	--
3	++	--	--	--
4	--	+	+	+
5	-	+	+	+
6	++	--	--	--

1. Легкие пластиковые колеса Lego 4185
2. Легкие пластиковые колеса с резиновым ободом
3. Пластиковые колеса с резиновым ободом
4. Шарики в держателе- 2, по бокам
5. Шарик в держателе, 1 посередине
6. Колеса Ø56 мм



# Выбор типа привода

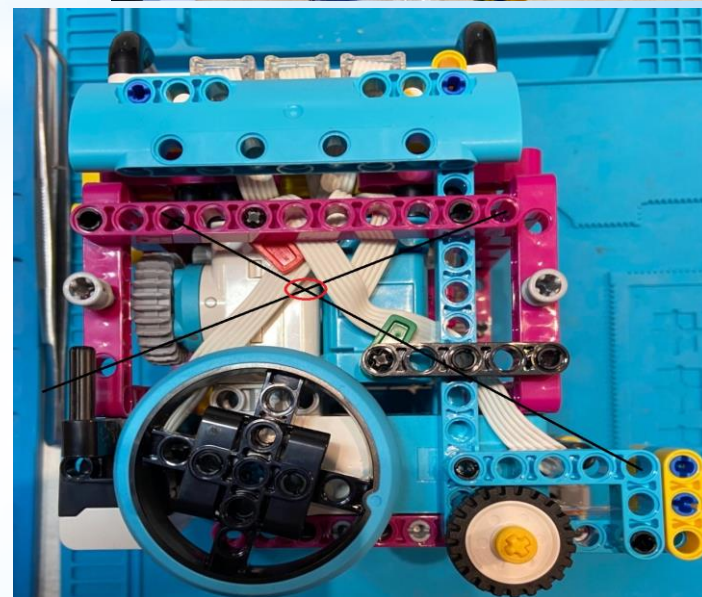
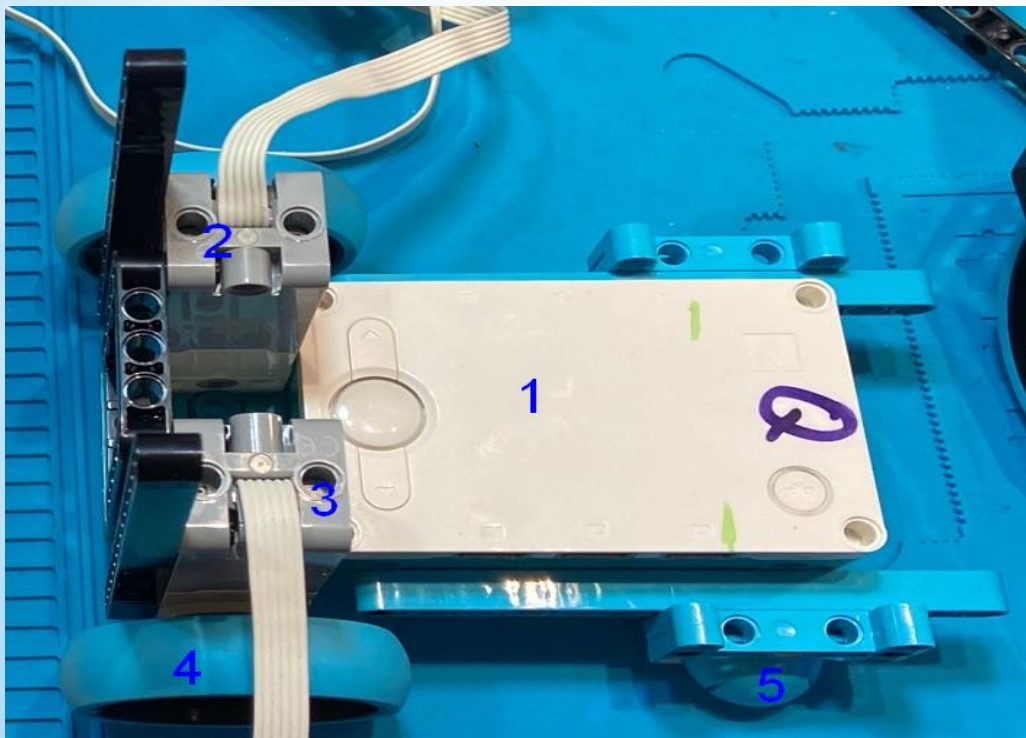
Мы провели исследование- точность в зависимости от типа привода и пассивных осей. Данные приведены на графике. Лучше всего точность по прямой - на больших колесах с резиновым ободом, при развороте- с шариком как пассивной осью. И мы решили выбрать сразу два лучших решения- сделать робота с большими резиновыми колесами, но с выдвижным колесом для поворота. Это очень инновационное решение, такого нет даже во «взрослом» роботостроении.



Уход оси робота (по модулю) после двух разворотов на  $180^\circ$  и движения на 100 см вперед и назад. Обозначения- Bal - шариковый подвес, BlWhs- два пластиковых колеса, Resin - колесо с резиновым ободом, BlOne - одно пластиковое колесо посередине, 5thA - колеса с резиновым ободом плюс пятое колесо, выдвижаемое только при развороте.

# Расположение центра тяжести

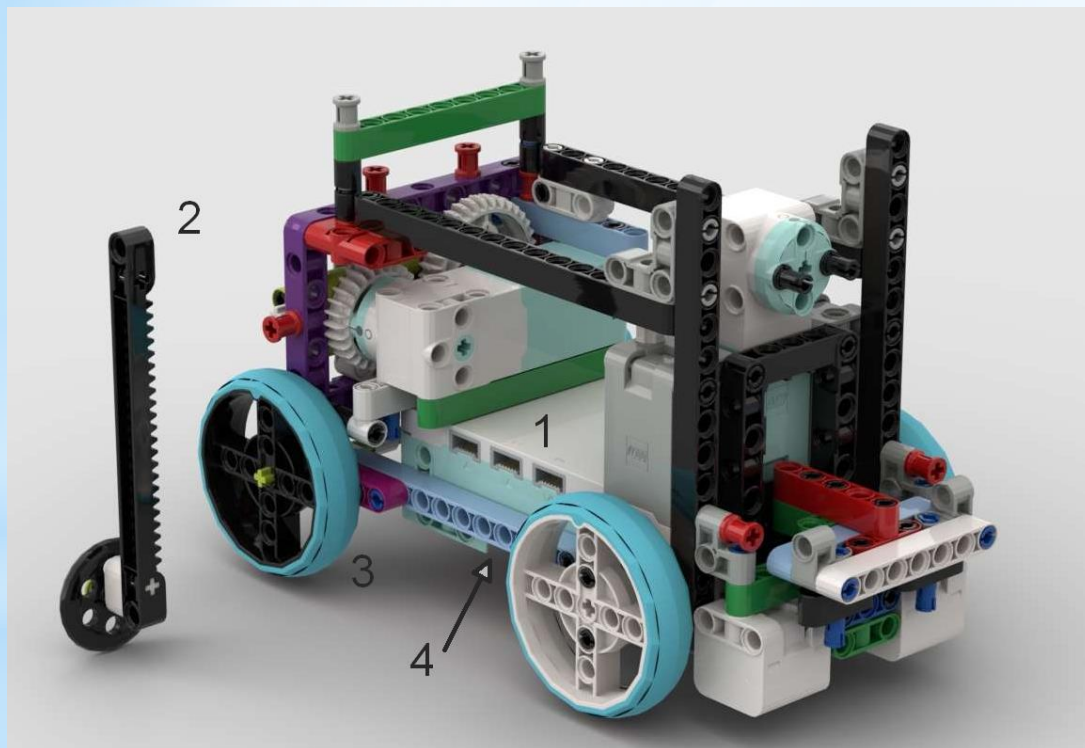
Мы также проверили как другие параметры - центр тяжести, величина колесной базы, величина колеи, расстояние между датчиками влияют на движение робота. И решили сделать робота с минимально возможной высотой центра тяжести. Мы взвесили все элементы силовой части и решили - контроллер с аккумулятором (как самая тяжелая часть) будет в самом низу робота!





# Инновационные характеристики робота

После большого числа испытаний и тестов мы сконструировали вот такого робота:



1. Максимально низко расположенный хаб дает низкий центр масс
2. «Пятое колесо», выдвигаемое мотором, обеспечивает точные повороты
3. Ведомые колеса с резиновым ободом дают точность прямого движения
4. Возможность почти «горячей» замены аккумулятора без разбора робота
5. 4-звенный плоско-параллельный механизм как основа всех навесных приспособлений
6. Прицелы для точного наведения робота для выполнения миссий.

# Программный код

1. При программировании мы использовали как Phyton, так и Blocks
2. Поскольку есть возможность загружать в тот же самый хаб программы и на Phyton, и на Blocks, мы выбрали лучшие реализации кода от разных групп независимо от языка.
3. При навигации по полю игры мы использовали и движение по линии, и навигацию по элементам поля, и гироскоп. В окончательный набор программ вошли лучшие алгоритмы.
4. При движении по линии мы использовали также подсчет пройденного пути для правильной обработки ветвлений черной линии, а также режимы постоянной скорости, постоянной мощности, пары моторов.
5. При программировании работы исполнительных механизмов мы использовали программную защиту против выхода угла поворота за допустимые механикой пределы.
6. Мы протестировали наш код и в варианте Spike Education, и в варианте Mindstorm Robot Inventor.
7. Все участники команды принимали участие и в конструировании, и в сборке, и в программировании роботов. К примеру, две миссии из вошедших в окончательную версию были запрограммированы нашими самыми младшими «научными сотрудниками».
8. После программирования мы проводили отладку, связанную с тем что и сам робот не идеален, и условия- мы постарались программно компенсировать или совсем убрать проскальзывания, неточности стартового позиционирования, неточности гироскопа.



# Развитие проекта.

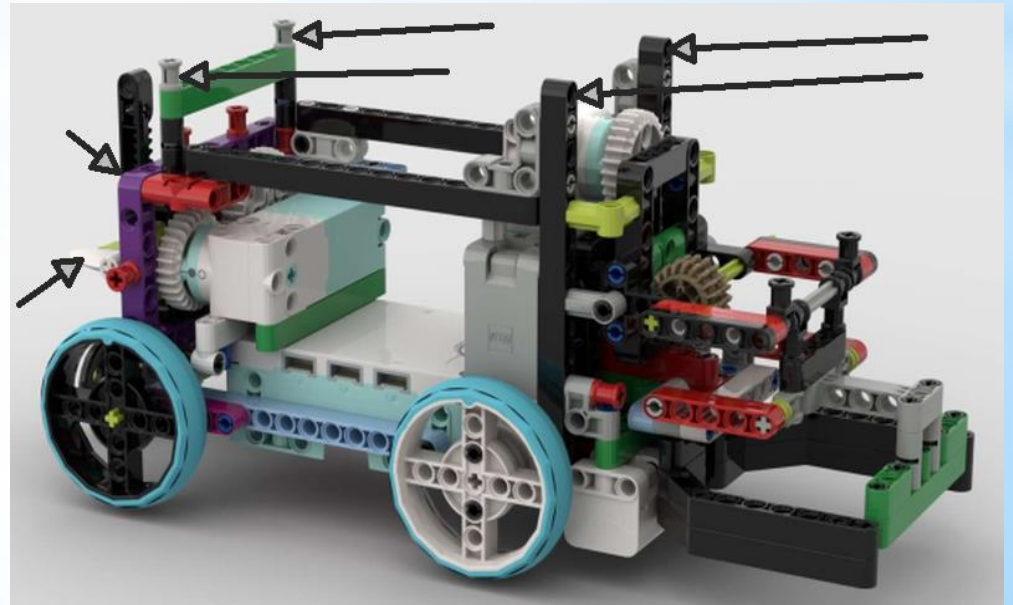
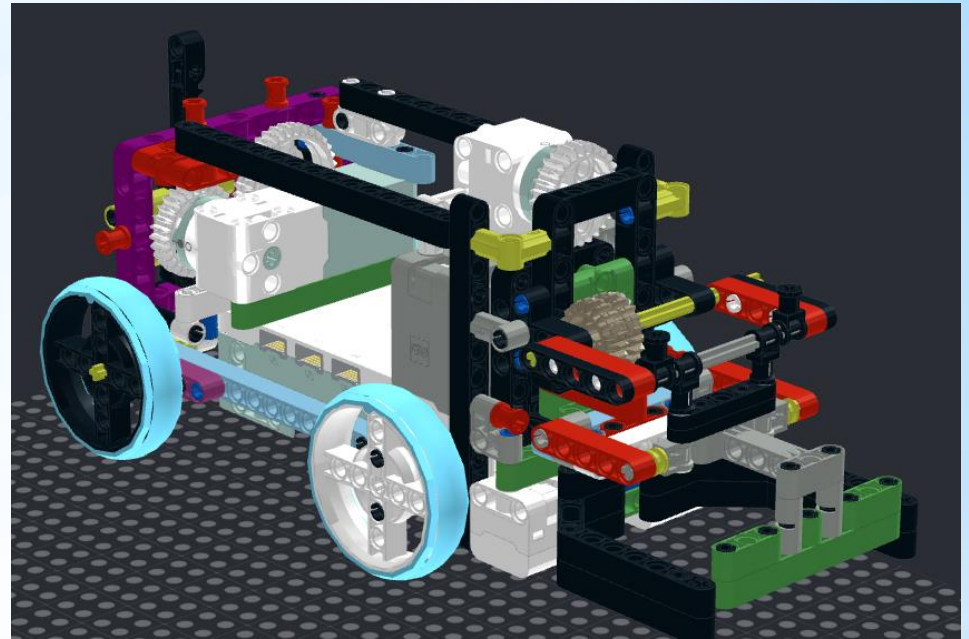
Во время тестирования наших моделей мы внесли несколько существенных изменений в компоновку и дизайн робота, как по результатам наших тестов, так и по рекомендации профессионалов и коллег.

1. Мы добавили возможность версии с жесткими ведомыми колесами «следовать по линии» - как оказалось (в результате теста), мощности моторов вполне хватает на следование при углах линии не более  $60^\circ$ . Заметим сразу - заранее результат был не очевиден, и в общем случае предельный угол регулировки и точность зависят от величины колесной базы, от расстояния ведущей оси до датчиков и расстоянию между датчиками. Мы сделали расчет, он изложен в рабочей тетради. Результат  $\varphi = \arcsin(h/(50 \cdot A))$ , где  $h$  - половина ширины зоны датчика,  $A$  - расстояние от ведущей оси до центра датчика, вдоль центральной оси симметрии робота.



# Развитие проекта.

2. Мы оснастили робота элементами для прицеливания по продольной и поперечной осям, а также указатели положения на задней платформе робота.

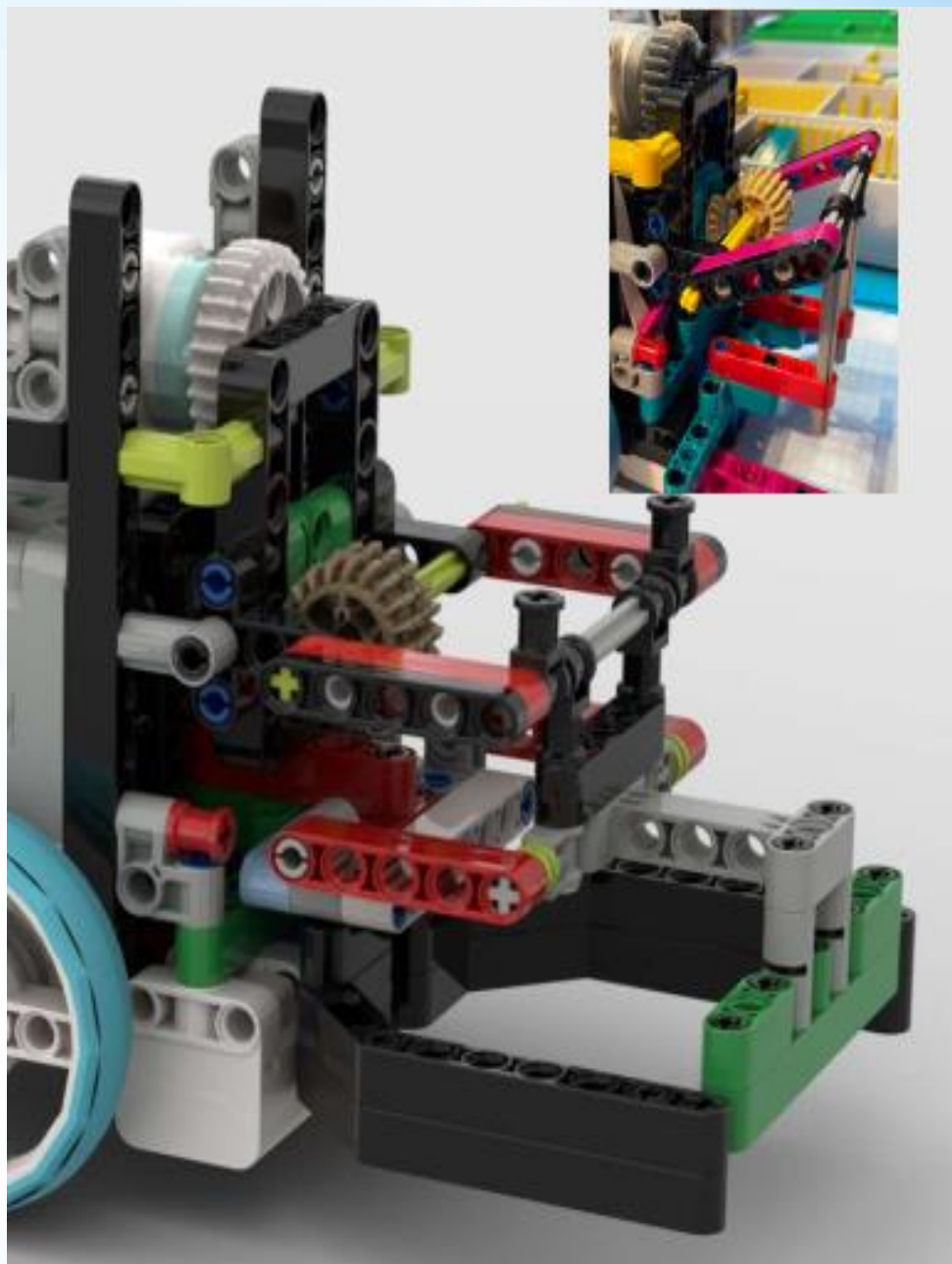




# Развитие проекта.

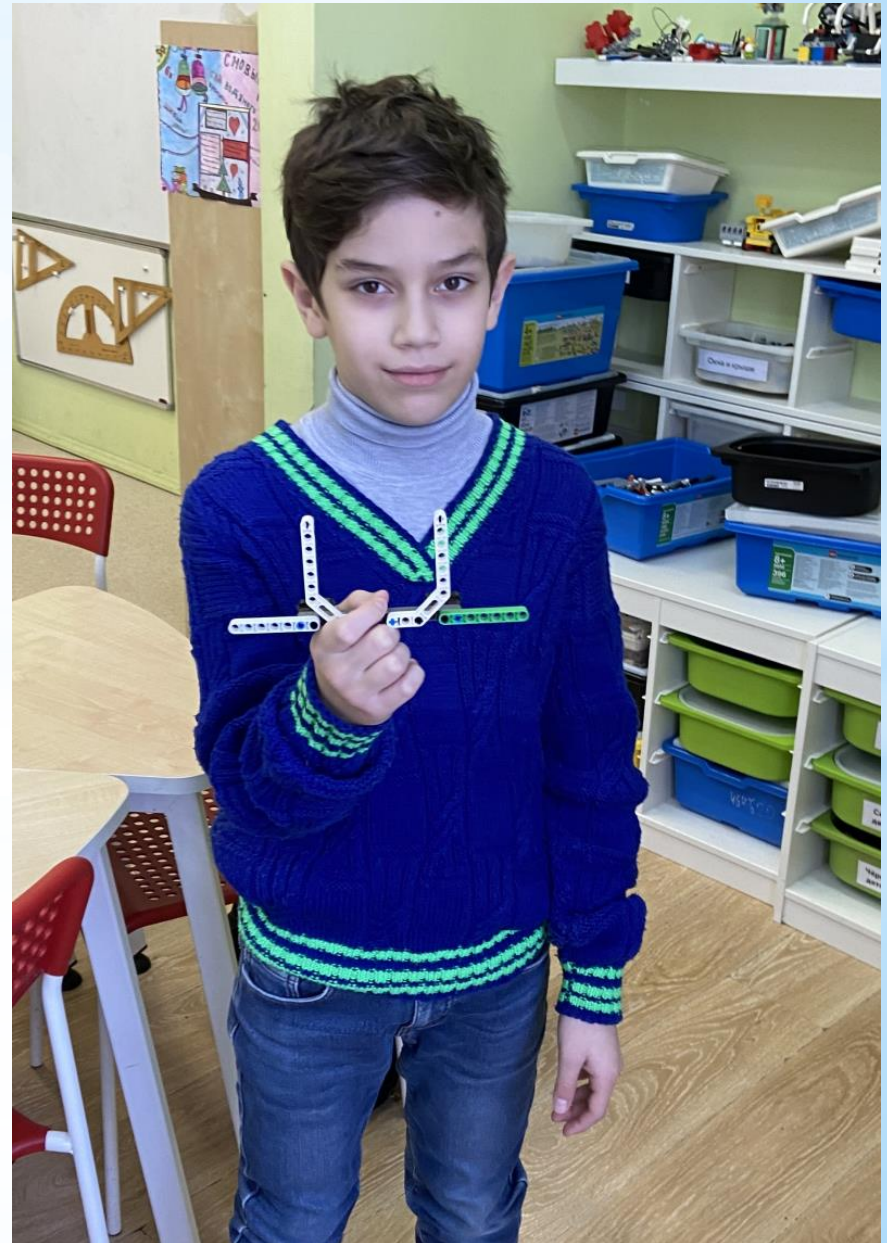
3. Мы разработали и собрали плоско- параллельный четырехзвенный механизм вместо используемого ранее 4-звенного механизма со скользящим. Таким образом мы можем вращать ведущее звено на угол, близкий к  $180^\circ$  без деформации и заклинивания, что увеличило диапазон действия механизма и позволили унифицировать навесные механизмы.

4- звенный механизм после модификации. На врезке- как было до модификации, подшипник скольжения ограничивал диапазон вращения ведущего вала механизма. После модификации значительно увеличился диапазон вращения 4-звенного механизма.



# Развитие проекта.

4. Мы разработали и собрали серию прицелов и приспособлений для позиционирования робота на стартовой позиции, поскольку при движении без опоры на линию точный выбор стартовой позиции важен, как бы мы не старались сделать навигацию робота устойчивой. Во многом это связано с невысокой точностью гироскопа, который дает (причем накапливает) ошибку до  $5-7^\circ$  на оборот, а также дает ошибку при движении по криволинейным траекториям, особенно при «челночном» движении по линии. Вместе с «прицелами» на самом роботе мы значительно повысили точность навигации по полю.





# Развитие проекта.

5. После того, как мы написали код для выполнения всех миссий, в основном основанный на навигации по гироскопу и без следования по линиям, мы детально изучили возможности движения в программах Lego и переписали код некоторых миссий с учетом линий, что повысило точность, надежность и в конечном итоге наш настрой победить!

Спасибо за внимание





# Использованная литература.

1. Trautwein, Zachary. MiniMAX\_-  
\_Building\_a\_SPIKE\_Prime\_Robot\_CORE\_BASE\_SET\_  
\_EXPANSION\_SET\_for\_FLL\_ \_Classroom..mp4. [Online]  
<https://youtu.be/d3txcEZVfQA>.
2. —. Modular Quick Attachment Starters! - FLL Cargo  
Connect 2021. [Online]  
<https://youtu.be/Qur2QkIVcUM>.
3. Lego Studio. [Online]  
<https://www.bricklink.com/v3/studio/gallery.page>.
4. Bricking. FLL Spike Prime Box Robot: Step-By-Step  
Build Tutorial. [Online] <https://youtu.be/QBqDkT-Emiw>.
5. 조이코딩. 2022-2023 FIRST LEGO League  
SUPERPOWERED Robot: Step-By-Step Build. [Online]  
<https://youtu.be/clElx7nZKLE>.
6. BrickWise. How to build Funnels for FLL. [Online]  
[https://youtu.be/lm2Mu\\_mw4HE](https://youtu.be/lm2Mu_mw4HE).
7. Q-Robo Design. [Online]  
[https://github.com/DrOnkel/QR\\_Design](https://github.com/DrOnkel/QR_Design).

