

Дизайн робота

Мозговой штурм по конструкции робота с последующим обсуждением.

Мы провели «мозговой штурм» по конструкции робота и решили что три группы (Богдана, Кости и Глеба с Натаном) будут делать каждая свою конструкцию, потом в эпической битве роботов мы сможем выбрать лучшего робота.



Рис. **. Все генерируют идеи и никакой критики – выбор дизайна робота.

Ходовые характеристики робота – клиренс, база, высота центра тяжести, масса – изучение влияния на ходовые качества.

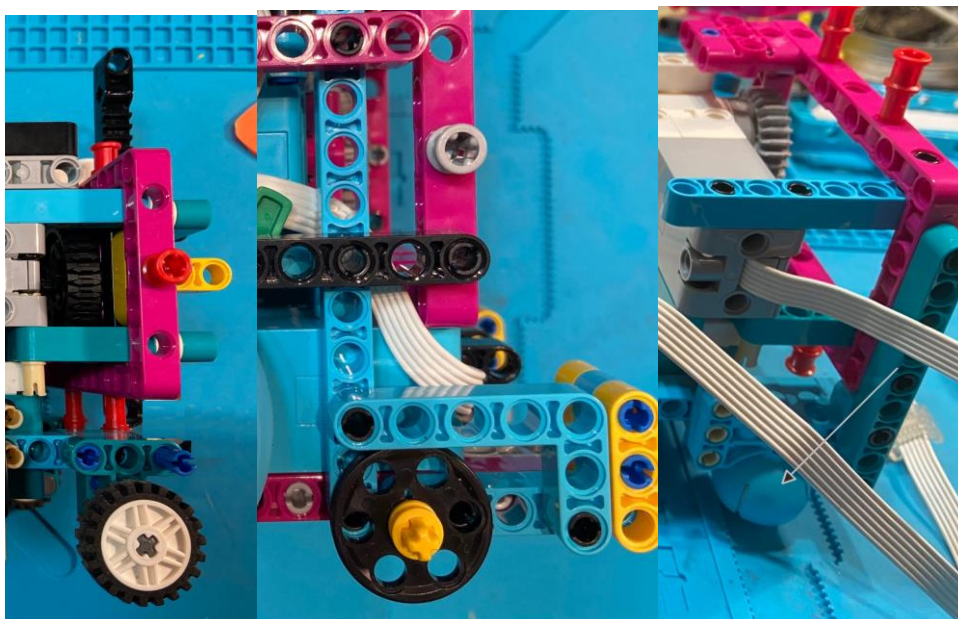
Выбор пассивной части ходовой.

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 Ø56 мм



Рис. **. Во время мозгового штурма мы изучили даже конструкцию ведомой части “ходовой” школьного стола. Заодно подтянули все ходовые всех столов в кабинете робототехники.



Использованные варианты- колесо с резиновым ободом, пластиковое колесо без обода, шарик в сферическом держателе (кулачке).

Мы испытали несколько типов – два шариковых узла, один шариковый узел, два круглых колеса, одно круглое колесо. Чтобы сделать зависимость движения от ведомой части более явной, мы выбрали для колесной пары режим «постоянная мощность». Вариант с двумя шариковыми узлами показал что его использование дает неустойчивое движение (отклонение до 30 см на метр траектории) независимо от скорости что при движении вперед (передний привод), что назад (задний привод). Подвеска с одним шариковым узлом показала гораздо большую устойчивость – небольшое постоянное рыскание и отклонение до 10 см на метр траектории. При движении по прямой наилучшим оказался вариант с двумя колесами, с отклонениями 1-2 см на метр прямой. В то же время ведомая часть ходовой должна участвовать в повороте- как в плавном, так и в «танковом» развороте. Мы провели также испытания по развороту на 180° с контролем по гироскопу. Поскольку мы использовали гироскоп, то робот обязательно доводил поворот до 180° , но вот размер траектории поворота и смещение оси робота после разворота были разными для разных пассивных частей ходовой. В испытаниях мы использовали робота с колесной базой 120 мм и колеей 96 мм. Мы свели данные испытаний в таблицу, выставив оценки от - - (очень плохо) до ++ (очень хорошо)

Но (из списка выше)	Движение по прямой	Точность разворота	Радиус разворота	Точность оси после разворота
1	+	+	+	-

2	++	--	--	--
3	++	--	--	--
4	--	+	+	+
5	-	+	+	+
6	++	--	--	--

Таблица **. Данные по точности роботов с различными ведомыми ходовыми.

Получается очень сложная ситуация- нужно выбрать или точность езды по прямой, или точность и компактность поворота. Мы решили данную проблему, введя в наш робот знаменитое по пословицам «пятое колесо», которое перпендикулярно ходовым колесам и которое выдвигается только во время разворота. Измерения ходовых качеств (точности) приведено на графике при различных скоростях движения ведущих моторов, с колесами Ø56 мм.

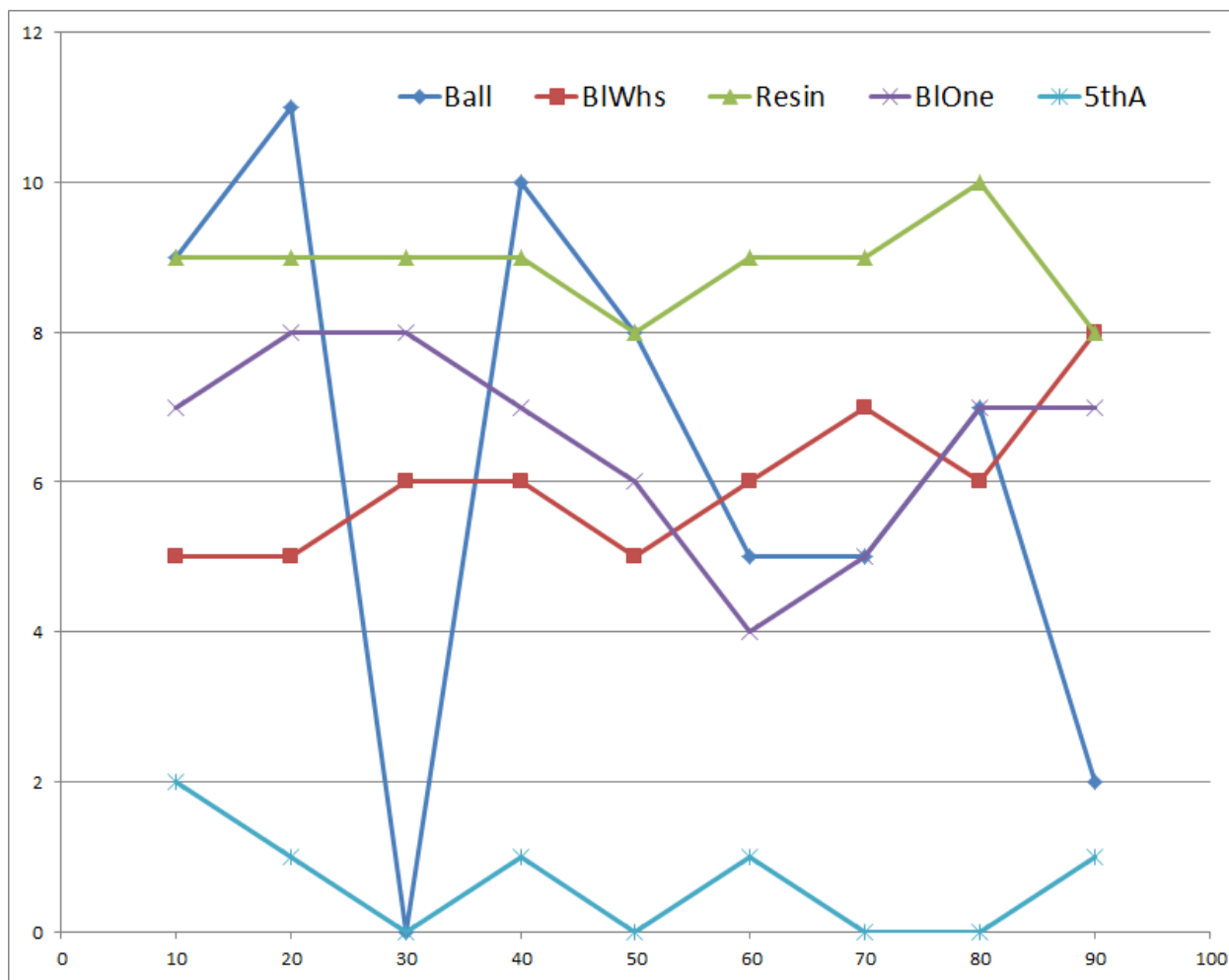


Рис. **. Уход оси робота (по модулю) после двух разворотов на 180° и движения на 100 см вперед и назад. Обозначения- Bal – шариковый подвес, BIWhs- два пластиковых колеса, Resin – колесо с резиновым ободом, BIOne – одно пластиковое колесо посередине, 5thA – колеса с резиновым ободом плюс пятое колесо, выдвигаемое только при развороте.

Таким образом, для пассивной колесной пары мы выбрали вариант – два колеса с резиновым ободом плюс колесо, выдвигаемое при поворотах. Это как идеальный вариант. Но в группах могут быть и другие решения. Возможно, на некоторых задачах мы будем использовать пластиковые колеса без обода.

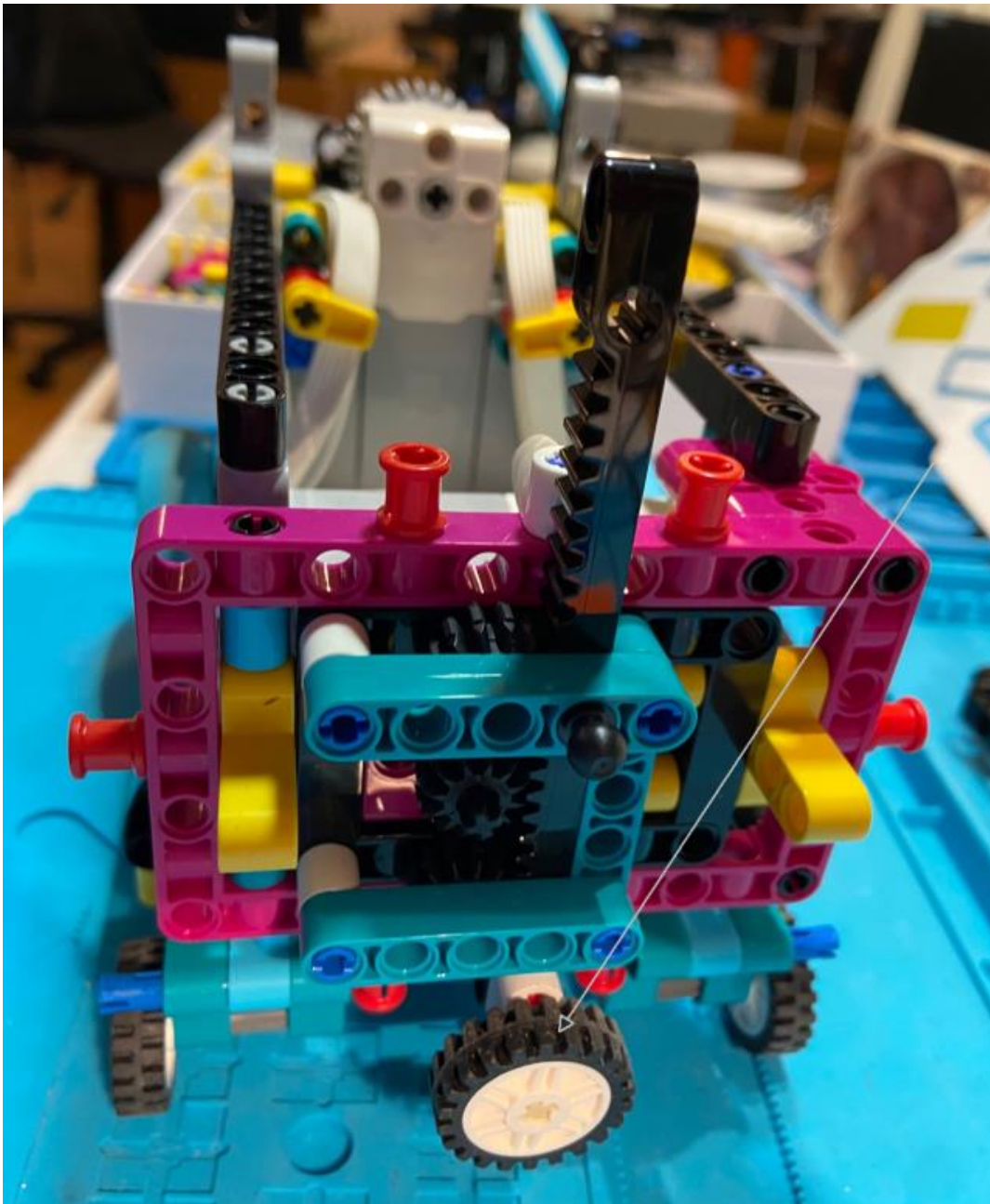


Рис. **. «Пятое колесо» (отмечено стрелкой) выдвигается и становится ведомым только на поворотах (мы используем «танковые» повороты).

Высота центра тяжести.

Для разработки дизайна нашего робота мы сделали модельного робота (1) конструкции Zaharia Trautwein, рис. **.

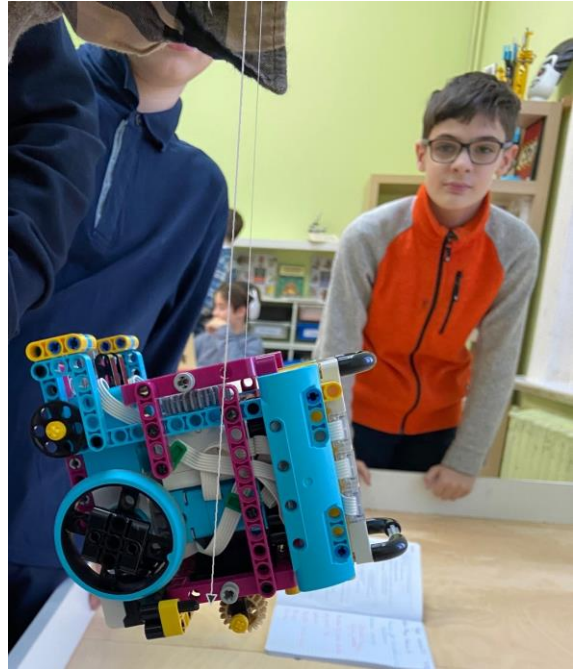
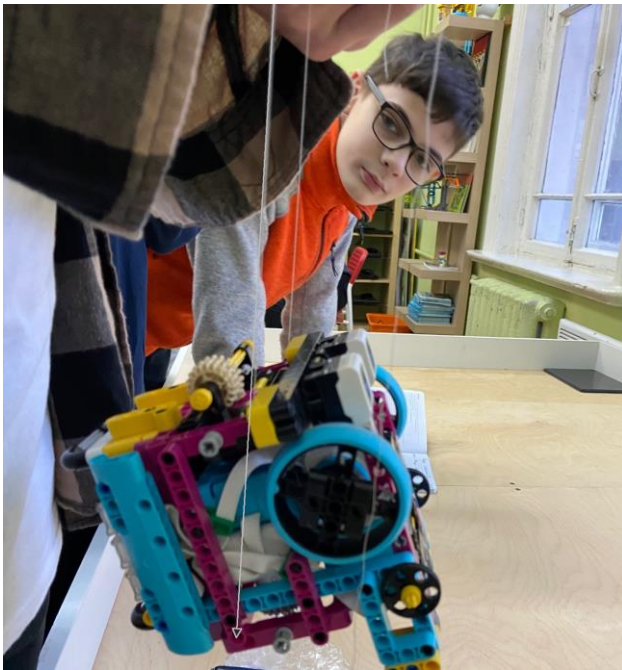


Рис. **. Определение центра тяжести робота по двум прямым при подвешивании на нитях.

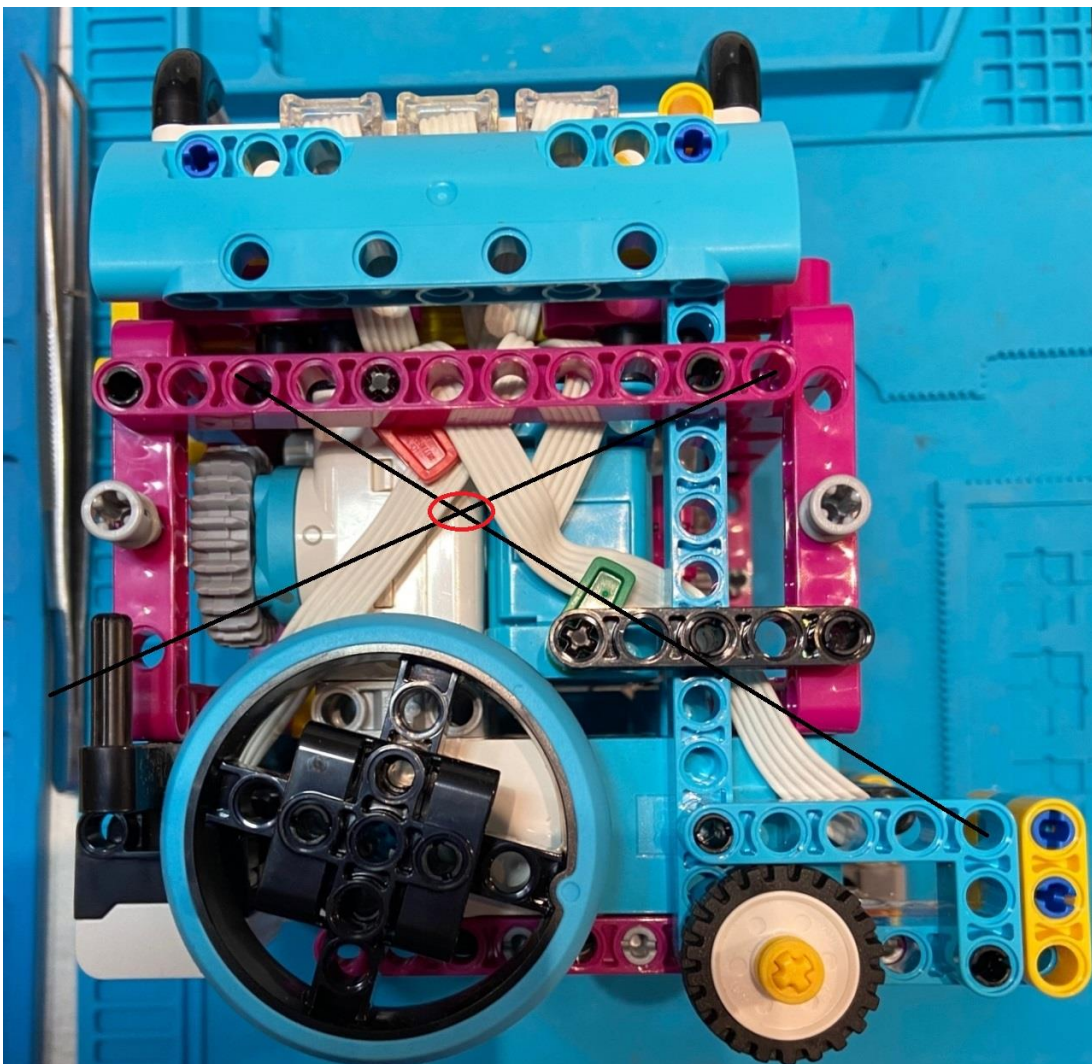


Рис. **. Центр тяжести определен по результатам двух подвесов робота.

Таким образом, мы получаем следующие данные для нашего робота – с помощью прямых измерений - колесная база – 48 мм, клиренс – 8 мм, колея – 96 мм. С помощью вычислений по результатам подвеса мы получаем- высота центра тяжести – 64 мм, на ведущие колеса приходится 80%, а не ведомые- 20% веса. Распределение веса по колесным парам мы вычислили с помощью простой пропорции:

$$Pa = P * \frac{B-a}{B}$$

Где P_a - вес на ведущую пару, P – общий вес, B – размер колесной базы (расстояние между центрами колес по горизонтали), a – расстояние от центра тяжести до центра ведомой пары по горизонтали. Для примера – развесовка по известным маркам автомобилей приведена в таблице. Наше решение- робот должен двигаться в основном как переднеприводный, особенно в задачах где нужна точность.

Таблица **. Распределение веса автомобиля по осям для известных марок.

Тяговые характеристики мотора – частота вращения, угловой момент, мощность, точность энкодера, тяговый момент в зависимости от частоты вращения- изучение, влияние на ходовые качества

Программирование робота на Python – изучение интерфейса, IDE, команд языка на основе знаний по программированию на языке функциональных диаграмм

Конструирование ходовой части робота

Наша команда для отборочных внутрикомандных соревнований решила делать две модели робота – на Spike Education на Python на EV3 с программированием на блок-схемах. В соревнованиях будем выбирать лучшего. В обоих проектах мы решили учесть тесты нашего модельного робота (1) – делать центр тяжести как можно более низким, передний привод, пассивные колеса – пластик с резиновым ободом, и (по возможности) пятое колеса для поворота.

Робот Q на Spike Education

Контроллер с аккумулятором как самый тяжелый элемент мы поместили вниз. У моторов мы нашли центр тяжести -он практически посередине по длине мотора. Моторы мы поместили вертикально. Это стало основой компоновки – контроллер монитором вверх и ходовые моторы вертикально. Также мы обратили особое внимание на возможность замены аккумулятора без разборки робота – такая возможность будет очень полезна на тренировках и при разработке кода. Очень жалко, что нам нельзя модифицировать

хаб – иначе мы вставили бы в хаб ионистор (про который мы рассказываем в нашем инновационном проекте), подключили бы его через диод только к чипу – тогда мы смогли бы реализовать полноценную «горячую» замену аккумулятора без сброса микроконтроллера и связи с компьютером. Кстати такие способы применялись в старых –старых карманных компьютерах Palm – батарейки нужно было менять быстро- быстро, чтобы не разрядился ионистор и не сбросилась память. Кстати ионисторы разрабатывают в Черногловке, недалеко от нашей школы. Но и то что мы можем оперативно, за секунды, менять аккумулятор – мы считаем очень интересным инновационным решением.

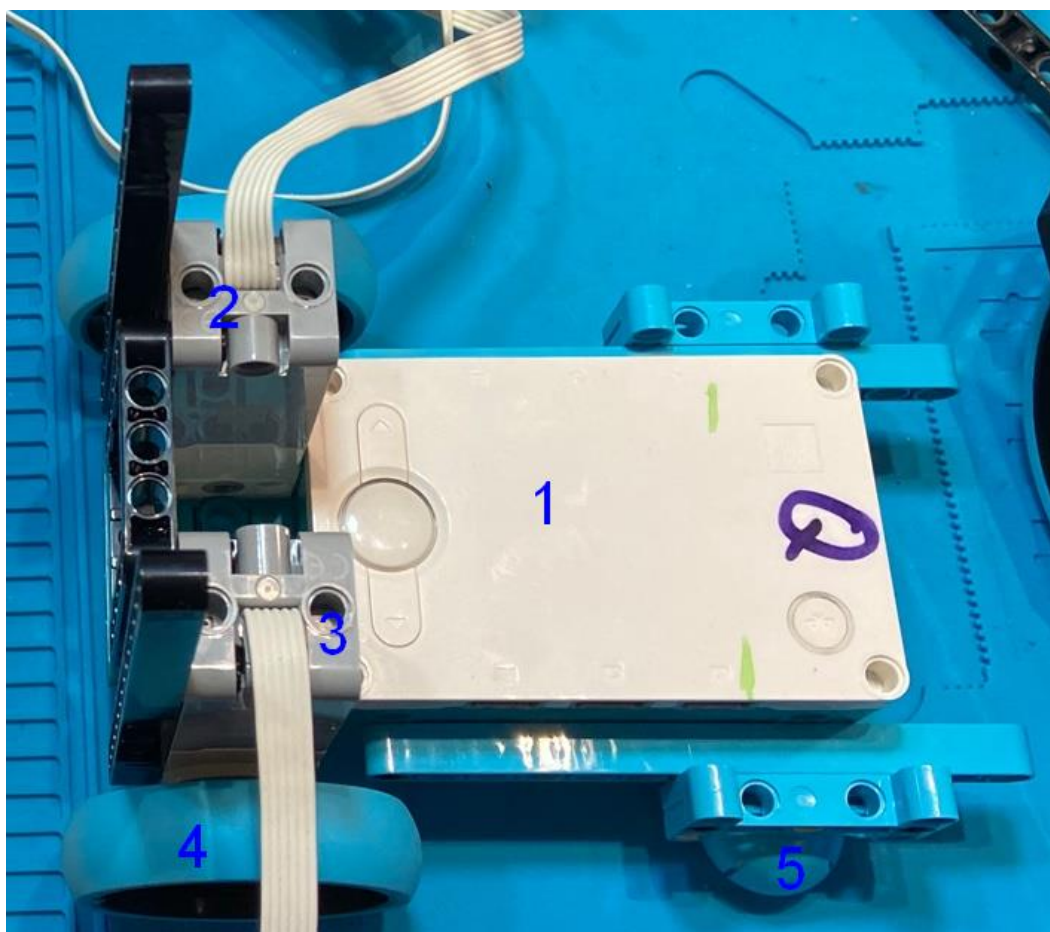


Рис. **. Ходовая база робота Q. Основа.

На рис. ** мы показали ходовую базу робота Q:

1. Контроллер (Хаб) с аккумулятора

2. Правый ходовой мотор
3. Левый ходовой мотор
4. Ведущее колесо (левое)
5. Ведомый узел (на рисунке – шарнир, но мы сделаем выбор позже).

Контроллер (Хаб) мы расположили максимально низко, и специально не закрывали доступ к аккумулятору, так что аккумулятор можно в любой момент поменять, а не ждать часами пока он зарядится.

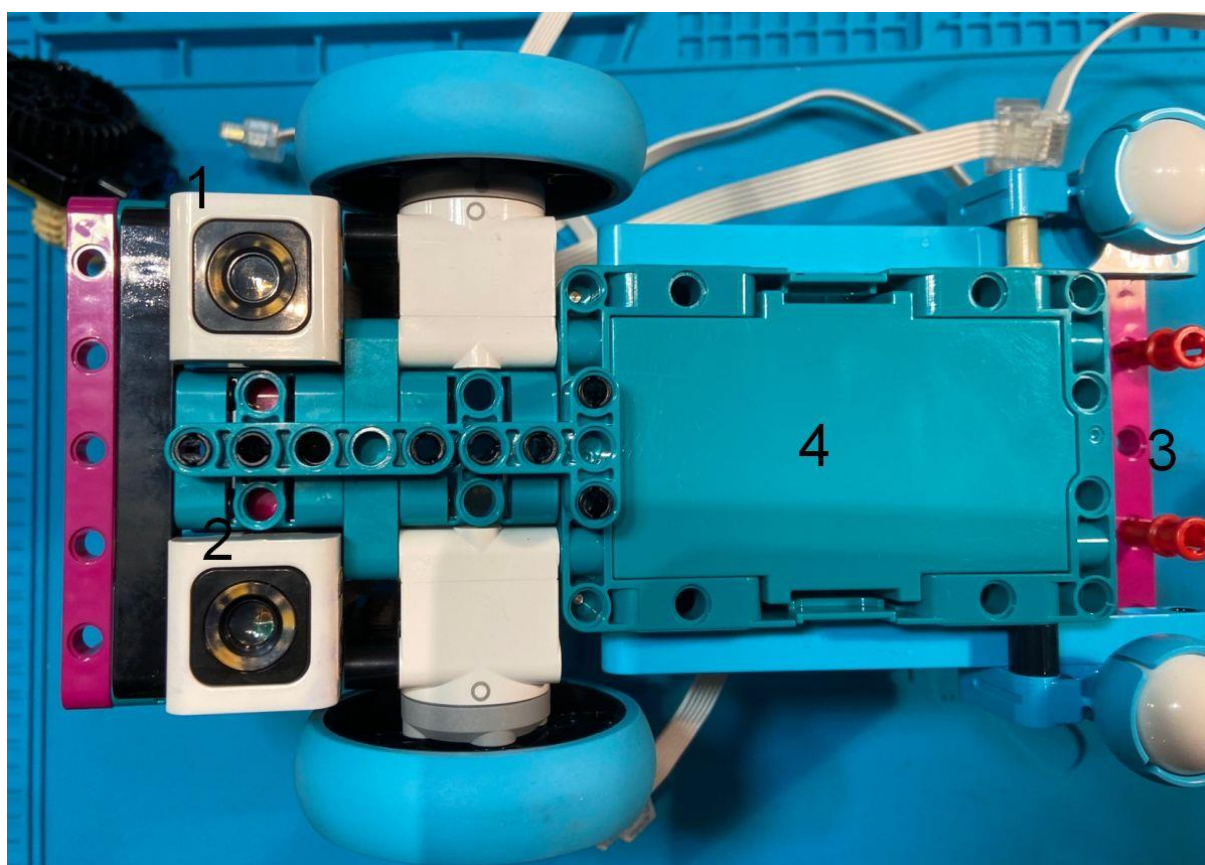


Рис. **. Робот, вид снизу- 1, 2 – оптические датчики, 4 – хаб с возможностью замены аккумулятора, 3 – рама фиксации заднего исполнительного механизма. На рисунке показаны шарики как ведомая часть, потом мы заменили их на колеса с резиновым ободом.

Для навесных механизмов сзади мы использовали механизм привода, предложенного в 2021 году Zachary Trautwein (2). В нашем

роботе этот механизм используется почти исключительно для выдвижения пятого (поворотного) колеса, рис. **.

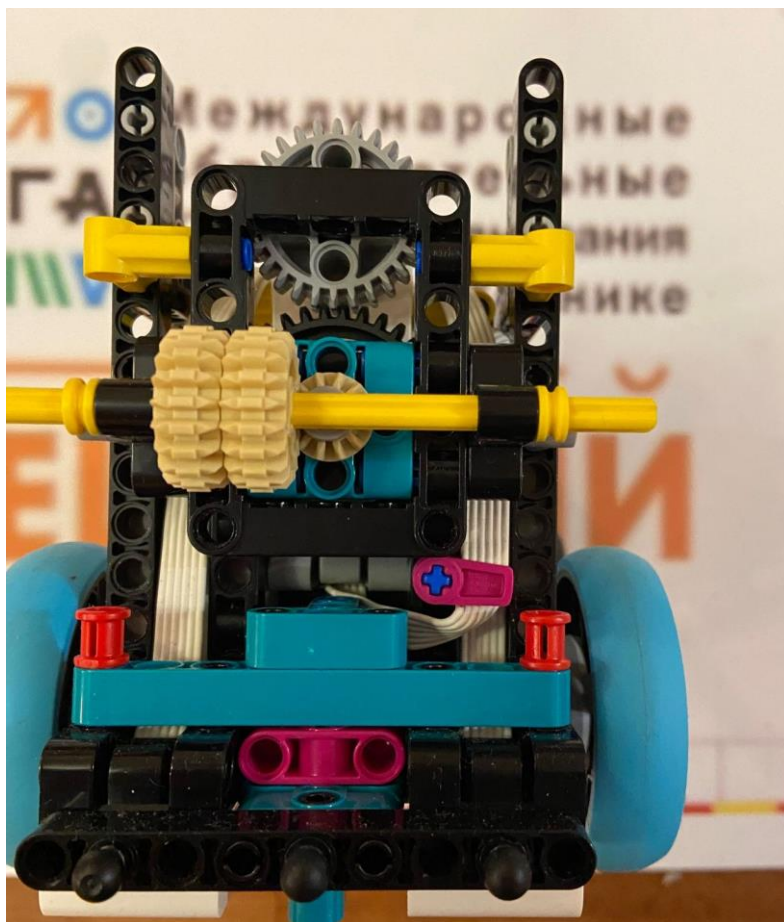


Рис. **. Передний исполнительный механизм робота, почти по Zachary Trautwein (2). Отличие – вертикальное расположение мотора.

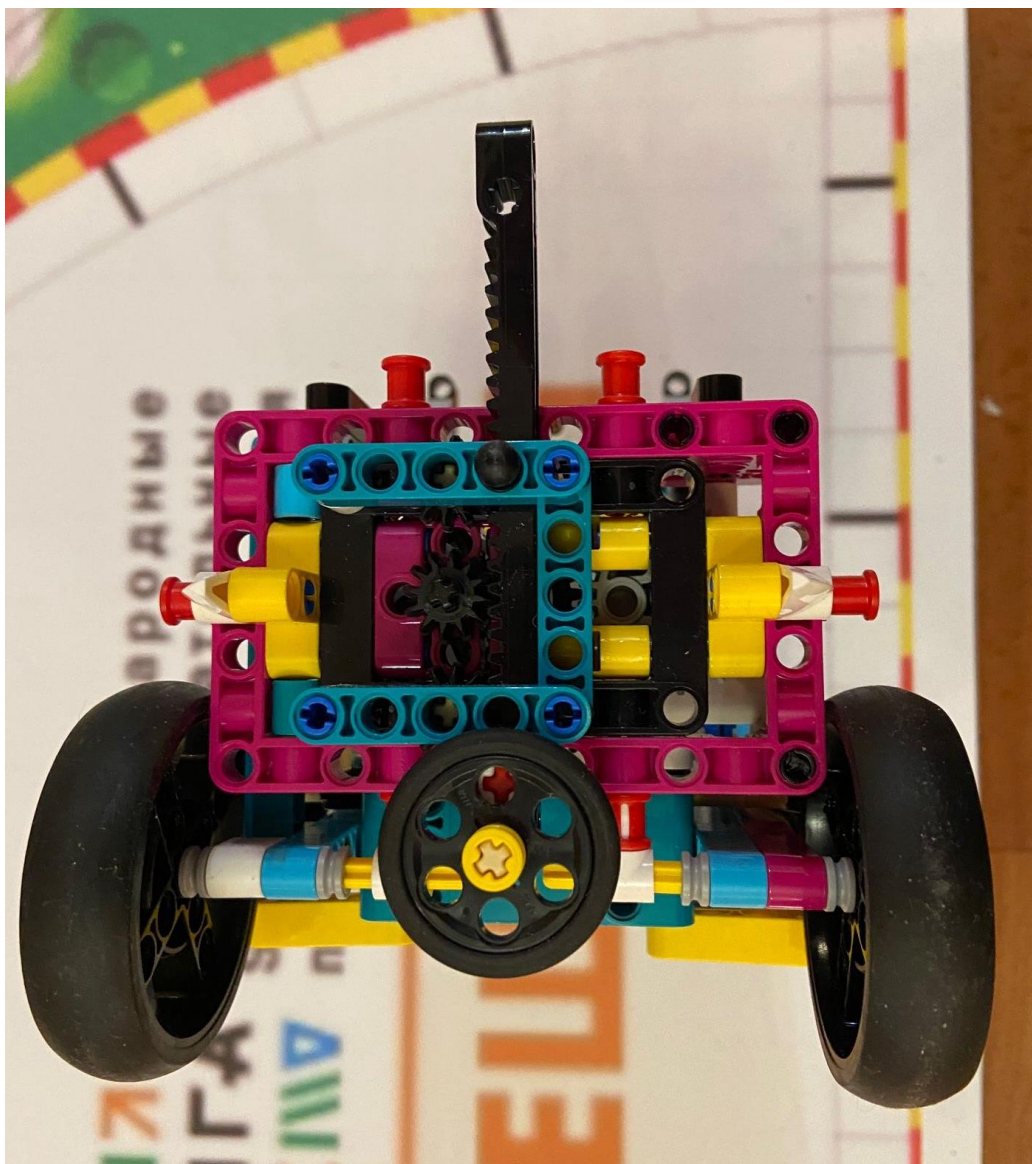


Рис. **. Задний исполнительный механизм с «пятым» колесом, которое выдвигается при «танковых» разворотах.

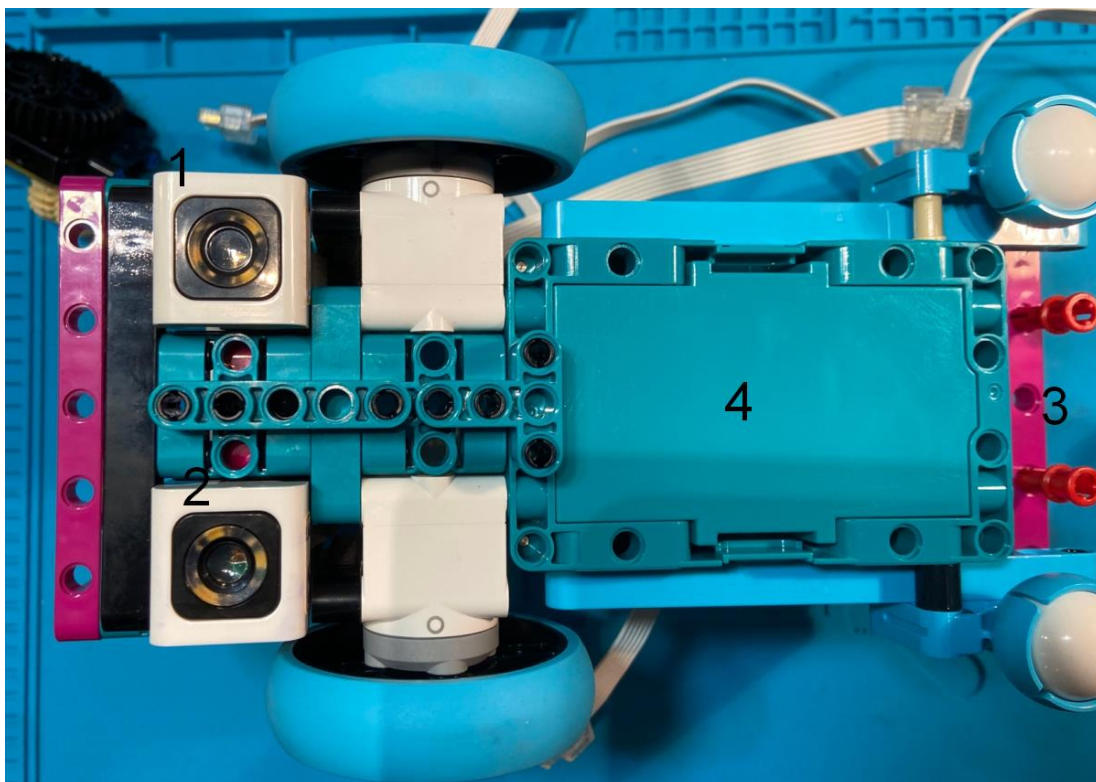


Рис. **. Датчики отражения находятся немного впереди ведущих передних колес, что позволяет сделать систему автоматической подстройки при движении по линии более устойчивой при некоторой потере чувствительности.

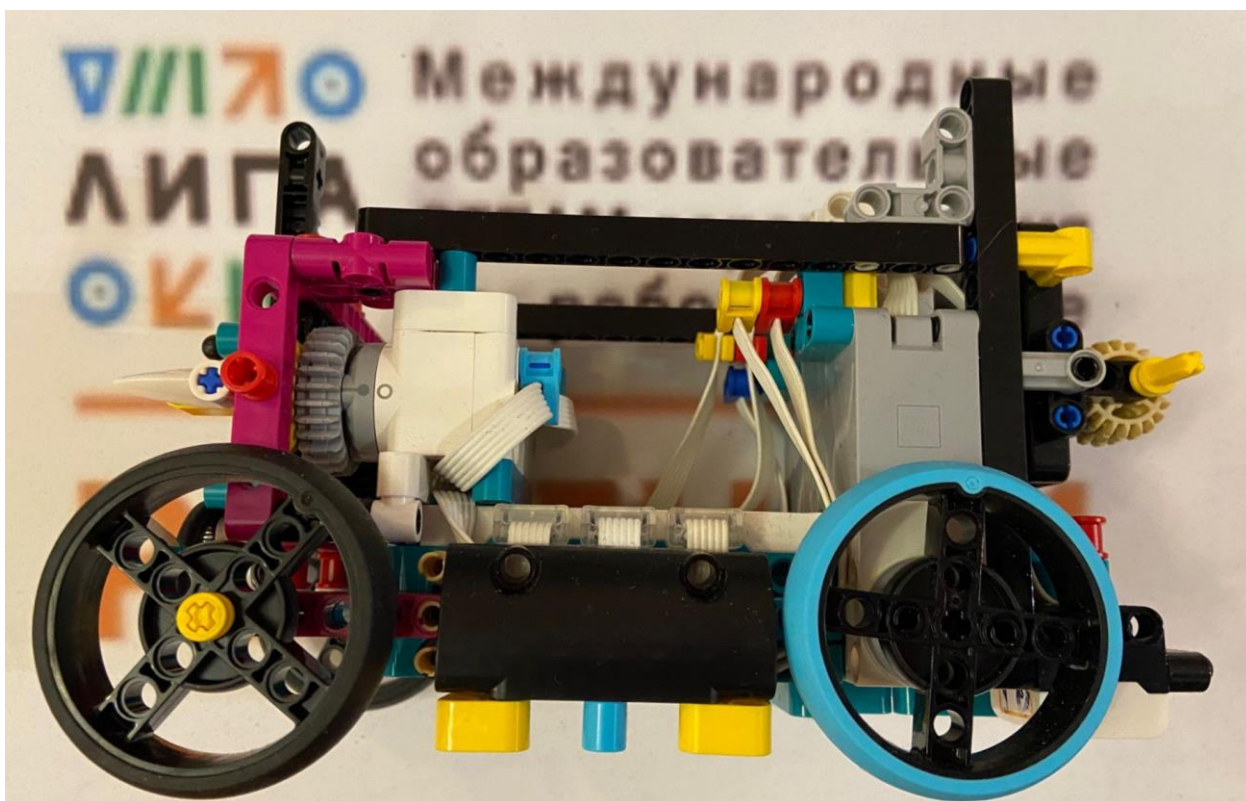


Рис. **. Робот, вид слева. Ведущие колеса – с синим ободом.

Для того, чтобы делиться конструкцией робота с коллегами и другими командами мы описали нашего модельного робота Q в программе Lego Studio (3).

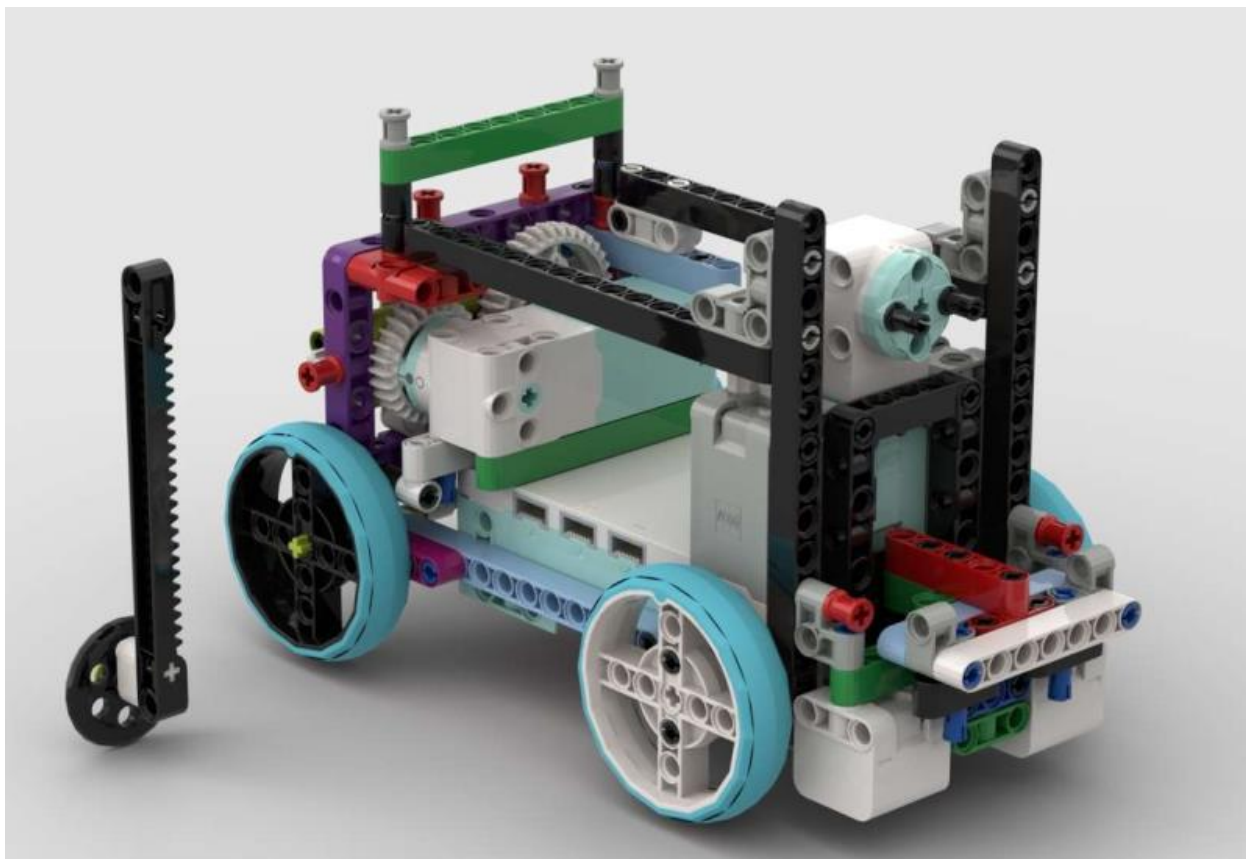


Рис. **. Робот Q. Рендеринг в программу Lego Studio.



Рис.**. Сборка робота Q.

Робот на Mindstorm EV3

Робот группы на Blocks

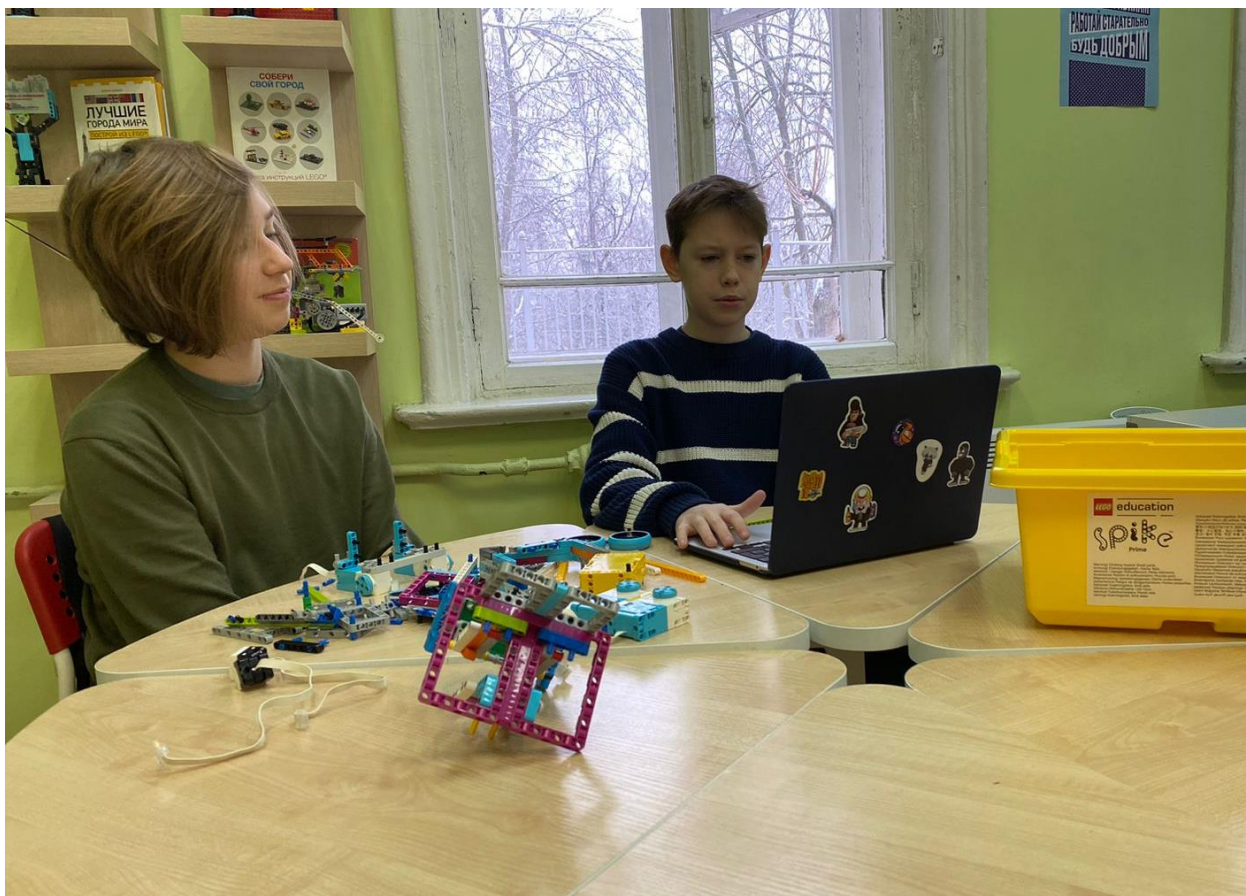


Рис. **. Работа группы Blocks.

Программирование ходовой части робота

Программирование робота Q на Phytон

Для программирования мы выбрали Phytон как наиболее гибкий, прозрачный и удобный для отладки (а отладка, на наш взгляд, занимает 99% ресурса времени и сил программиста!) метод работы с «железом» Lego, в нашем случае- хабы Education и / или Inventor. Самое сложное в нашей программе было написать библиотеку поворотов по гироскопу. Все остальное- значительно легче. Мы применяли следующие способы – движение с заданной скоростью, движение с заданной мощностью (с изменением мощности) когда нужно было ускорение или замедление, движение по линии с

переменной мощностью. В самых сложных случаях мы разбивали движение (даже по прямой) на разные участки. В наших кодах очень много выводов на монитор (операторов print()) – это очень сильно помогает отладке.

Конструирование исполнительных механизмов робота Q.

Общие принципы построения исполнительных механизмов для выполнения задач.

Очень важным мы посчитали легкость, однозначность и защиту от ошибок при монтаже исполнительных механизмов на шасси робота. Роботы не волнуются, не ошибаются, не торопятся – в отличии от людей. Поэтому мы считаем что лучше потратить на смену механизма на 2 секунды больше чем сломать что-либо либо собрать в спешке не так потому что можно собрать не так. Так что наш выбор – максимальная простота, использование как можно меньшего числа механизмов, желательно использовать те же механизмы для решения разных задач и конструирование механизмов так что при сборке в условиях соревнования труднее будет собрать не так, чем так как надо.

Миссия 7.

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. При движении использовано «пятое колесо» при поворотах и движение и поворот под контролем показателей гироскопа.

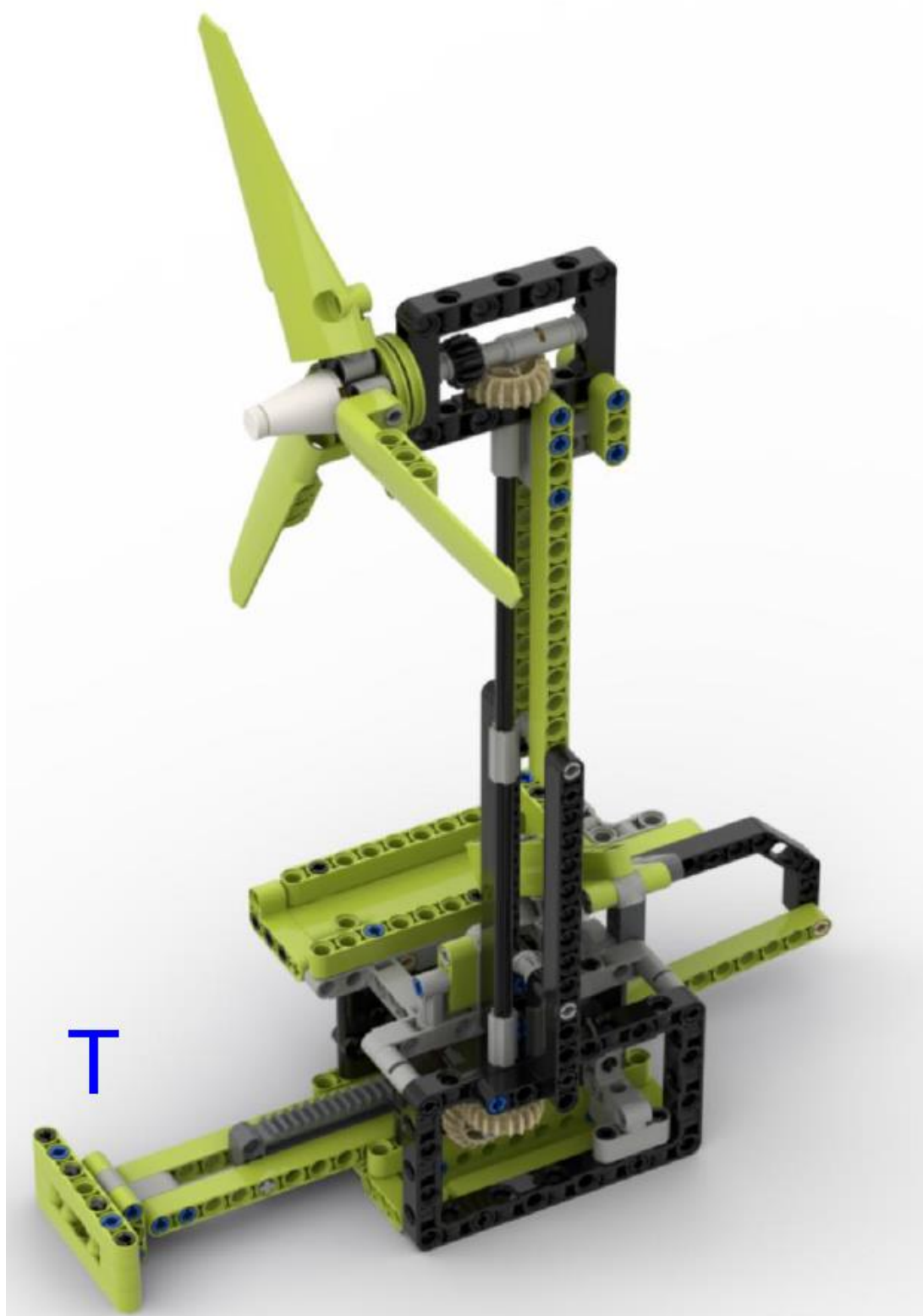


Рис. **. Объект миссии 7 -ветрогенератор. Т -подвижный толкатель.

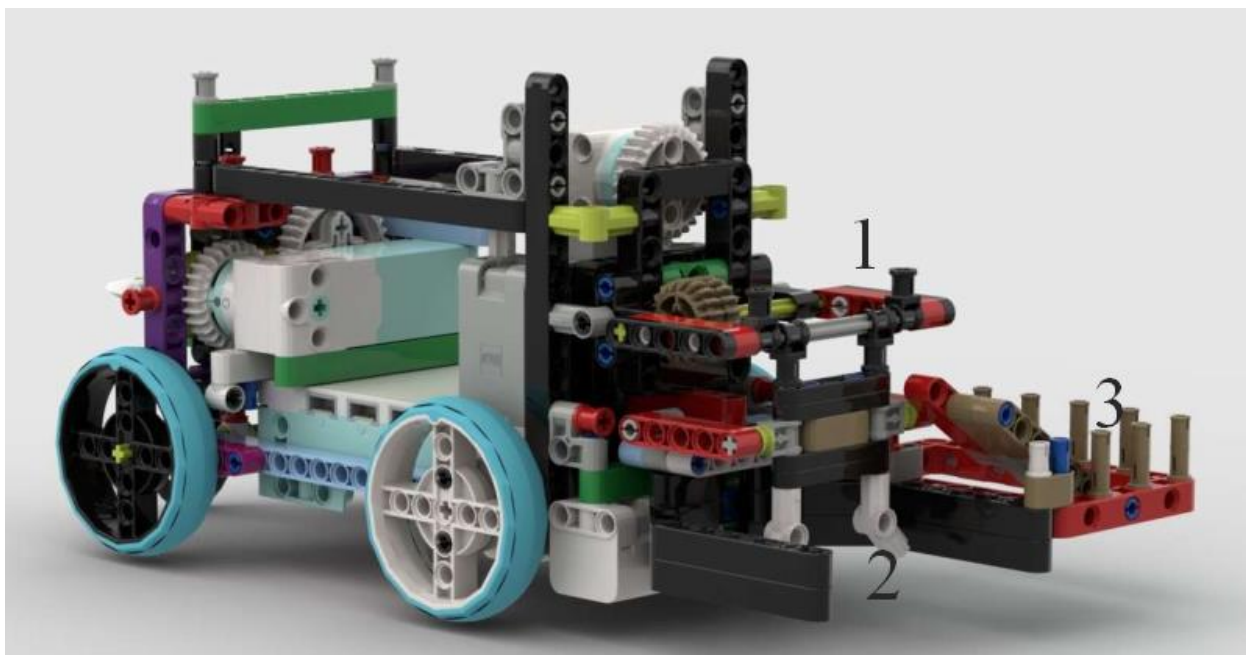


Рис. **. Исполнительный механизм для миссии 7. Рендеринг в программе Lego Studio. 1 – 4-звенный механизм подъема захвата, 2 – захват подвижного толкателя, 3- клеть для сбора «витаминок».

Миссия 8. Телевизор.

С выполнением Миссии 8 проблем не было – прицеливаем робота, он доезжает до планки толкателя, снижает скорость, плавно двигает толкатель (плавно – чтобы не вылетел энергетический элемент) и, не разворачиваясь, отъезжает на базу.

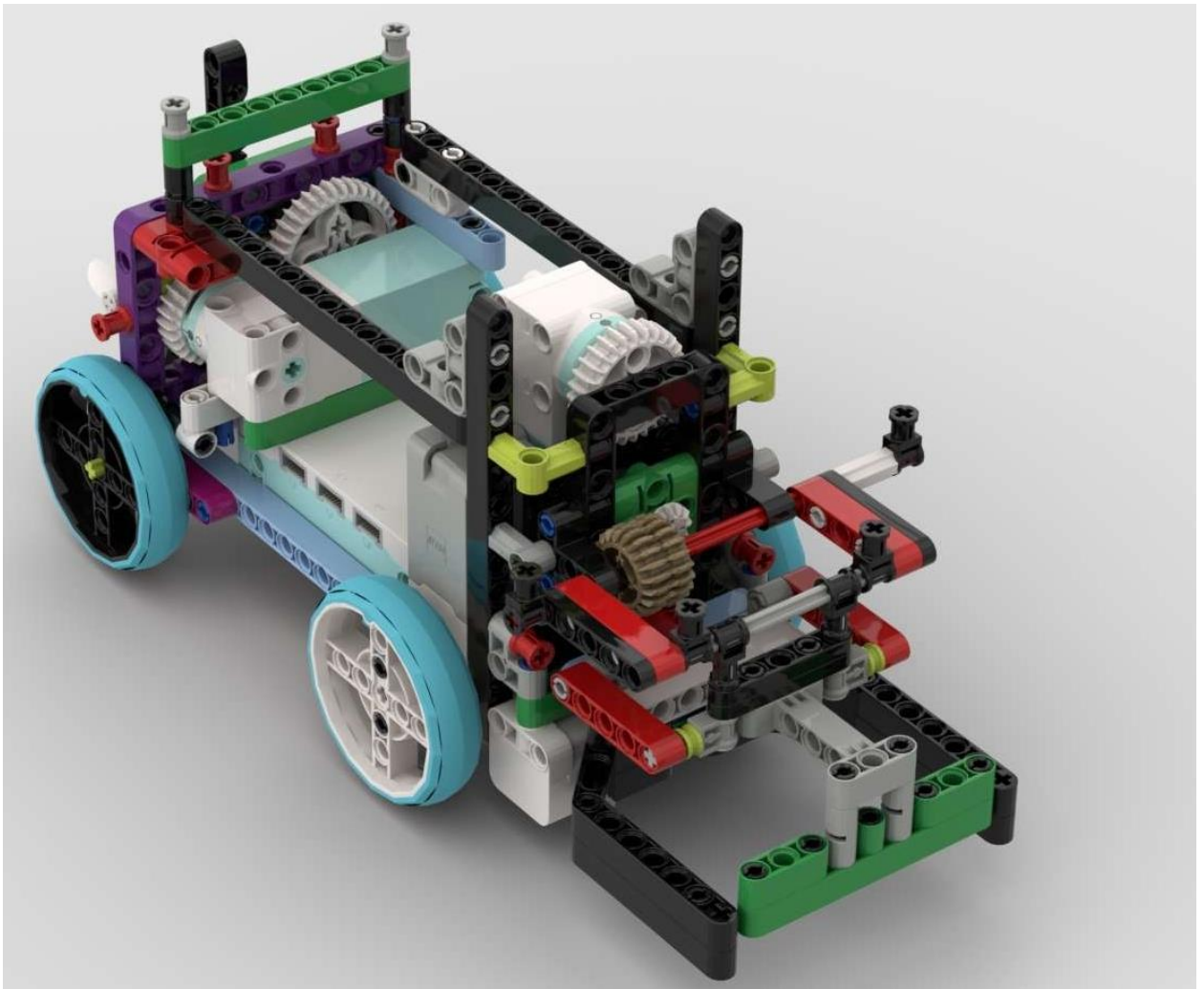
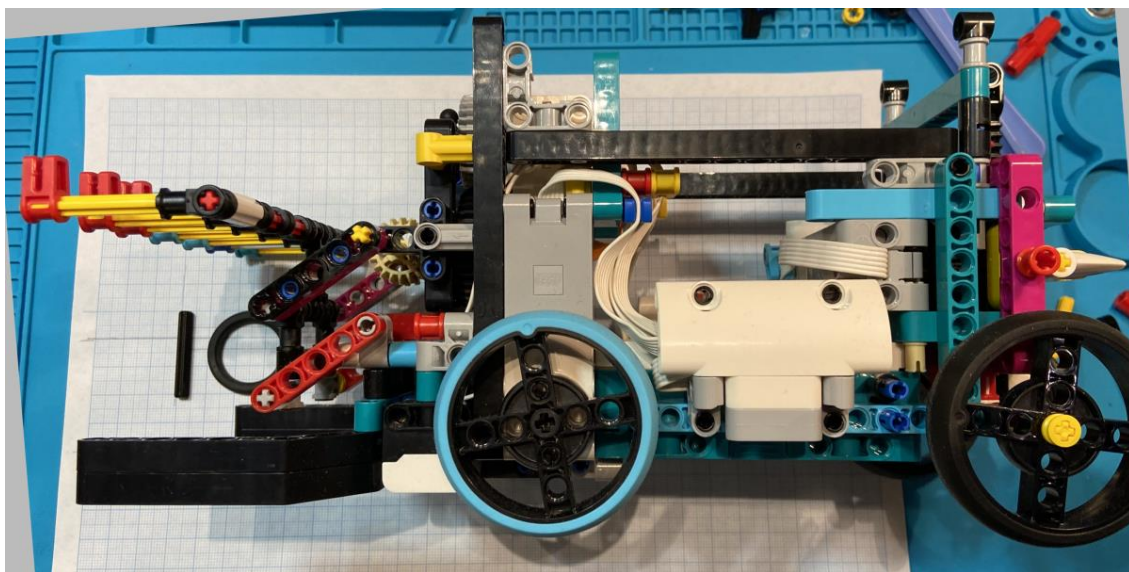


Рис. **. Робот с навесным оборудованием для миссии 8 – толкатель из пластин зеленого цвета.

Миссия 10 и 11. Водохранилище, плотина и ГЭС

При изготовлении механики выполнения миссий 10 и 11 мы изрядно поломали голову. Просто сгрести элементы с леской трудно – они имеют высокий центр тяжести и чуть что кувыркаются и выпадают из сгребателя (обхвата) при повороте, 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. За полный цикл программы гироскоп уходит не более чем на 7° , что позволяет равершать первую часть – сбор элементов.

Миссия 11 решается при том же комплекте навесного оборудования – добавляется лишь толкатель рычага гидроэлемента.



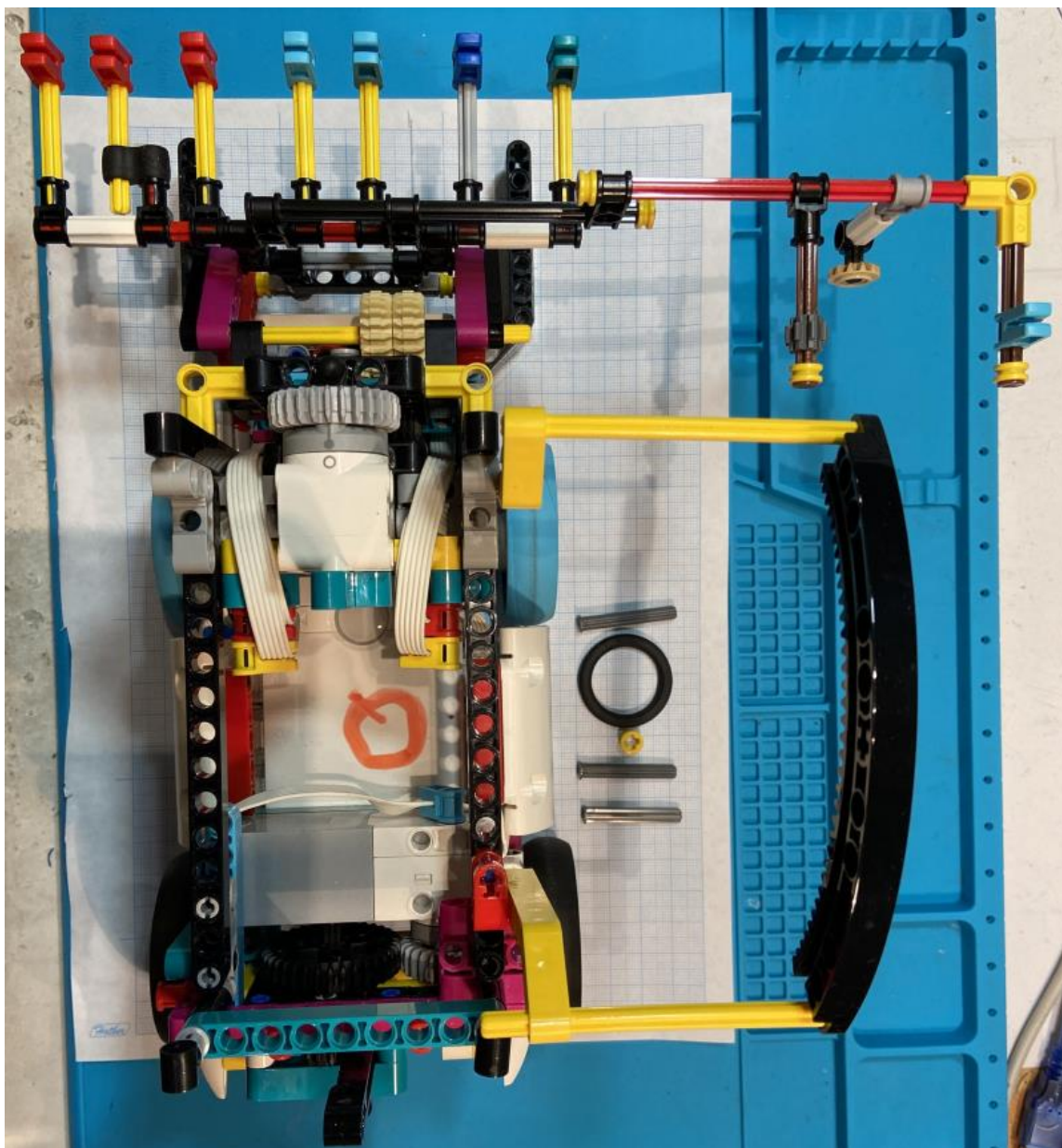


Рис. **. Робот, оборудованный «грабелями» для сбора водных элементов, развески их по рычагам - миссии 10 и 11.

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.

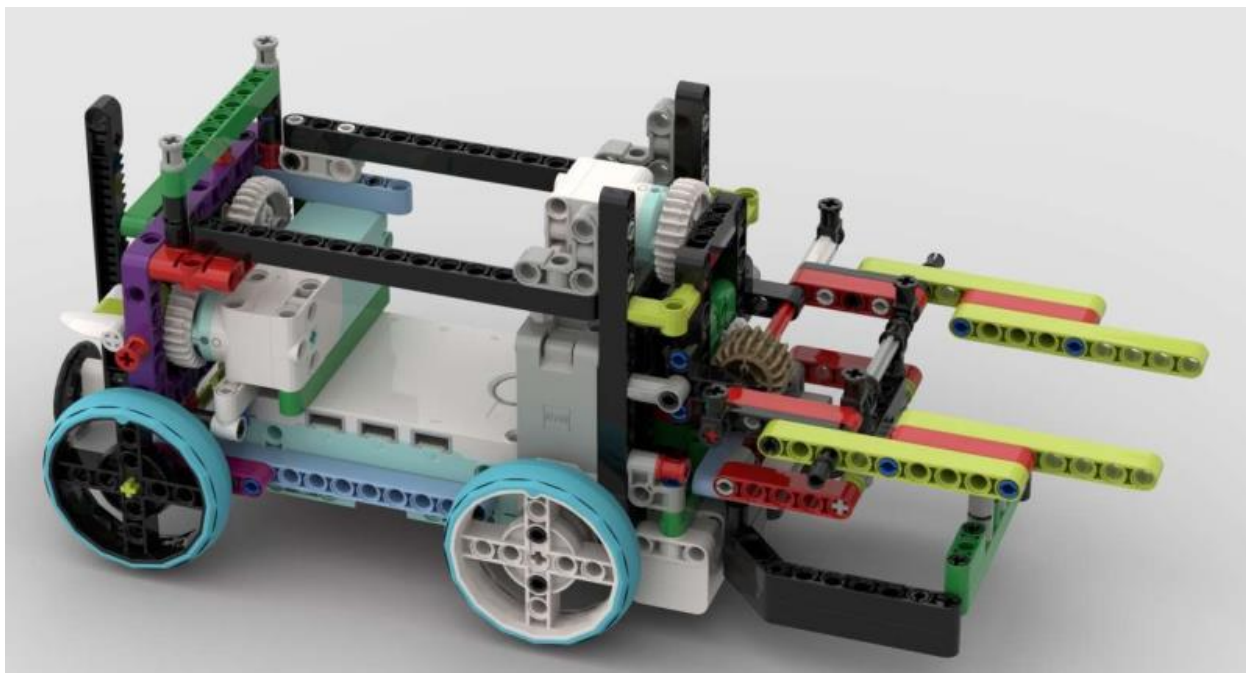


Рис. **. Робот, оборудованный для выполнения миссий 2 (частично), 13 (частично) и 14. Совок (зеленый) доставляет элементы в зону 14, желтые рычаги отпускают авто в миссии 13 и «накачивают» топливные элементы в нефтевоз в миссии 2.

Миссии 2 (нефтевоз) и 6.

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 ещем к цели- в зону и заодно спускаем автомобиль 6.

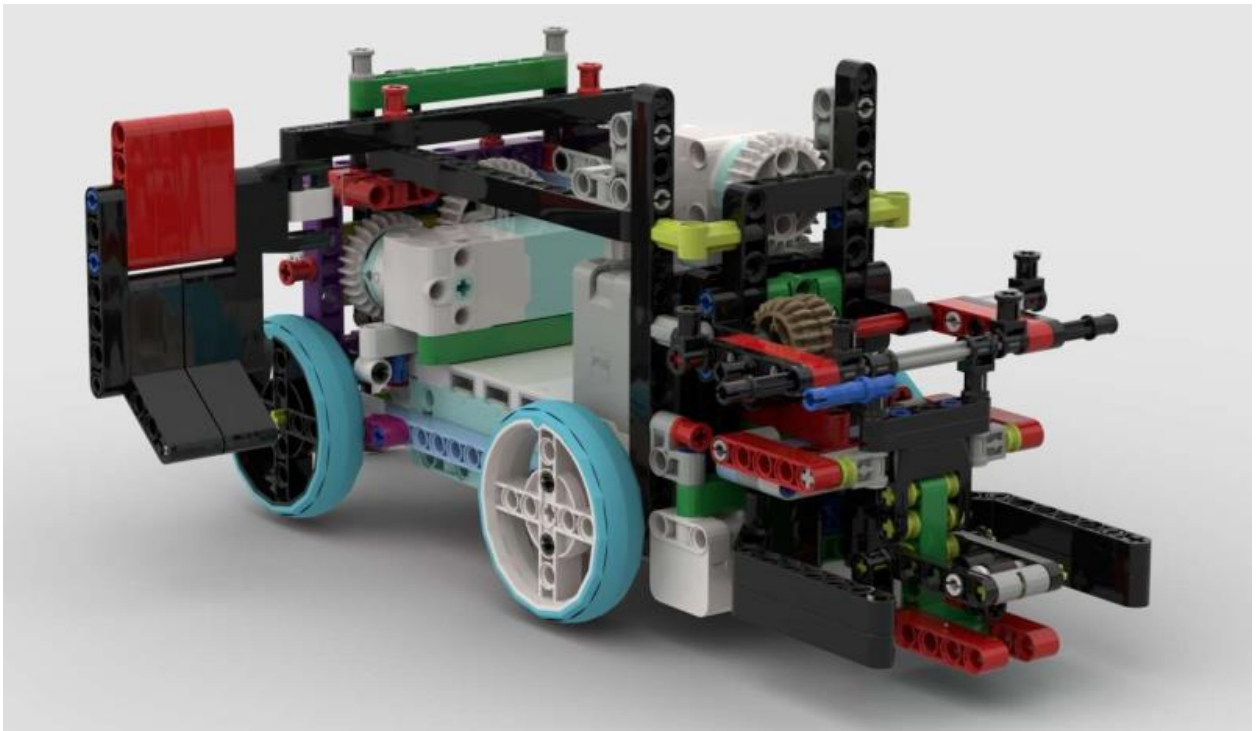


Рис. **. Оборудование для миссий 2 (финал) и 6.

Миссии 1, 12 и 15. Миссия 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 робота все что нам нужно для работ в левом доме и элементы для доставки в миссии

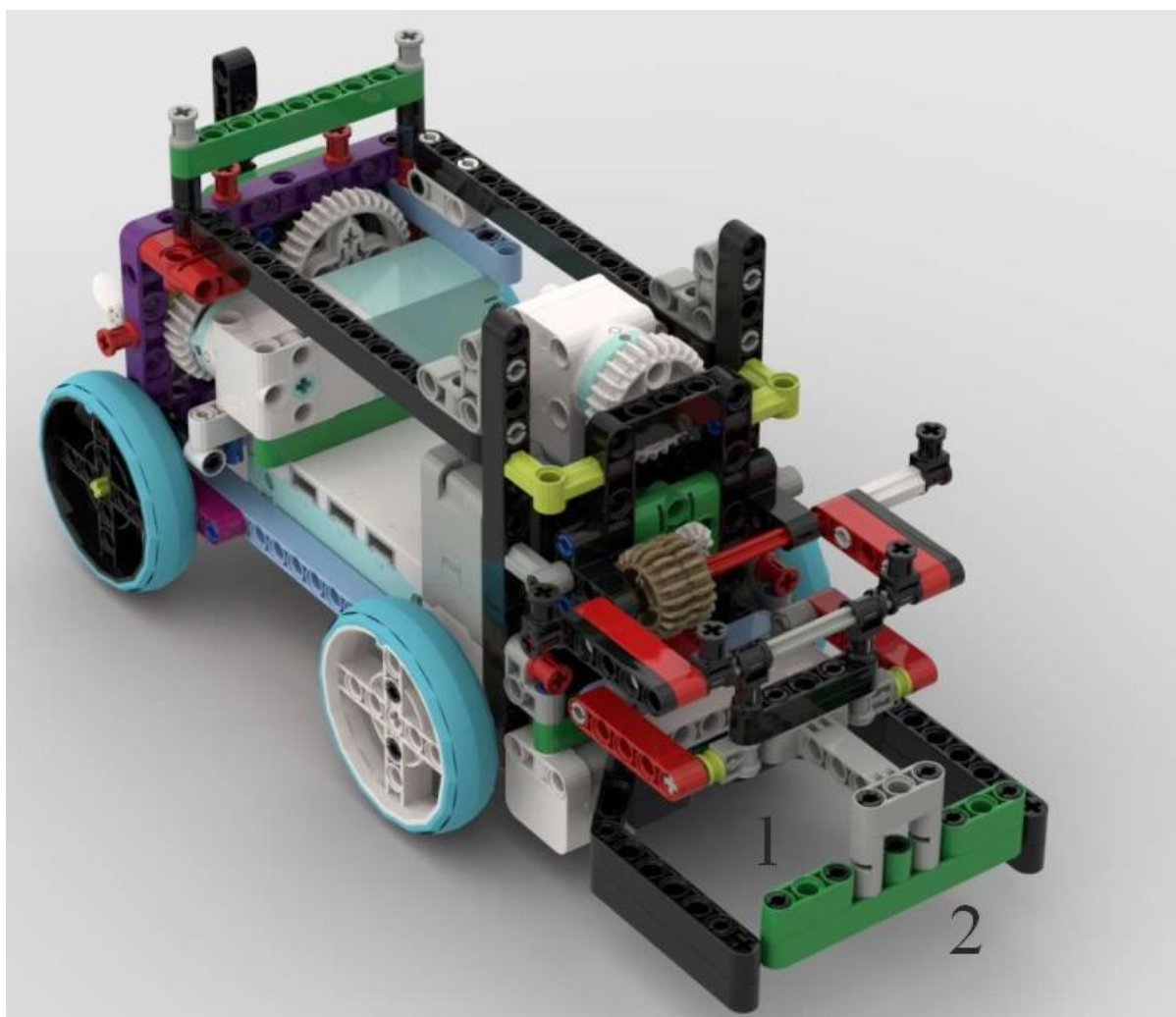


Рис. **. Робот с поднимаемым совком. Он же используется в миссии 4.

Миссии 3, 5 и 9.

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. Боговые элементы скатываются и мы ловим их в домашних зонах.

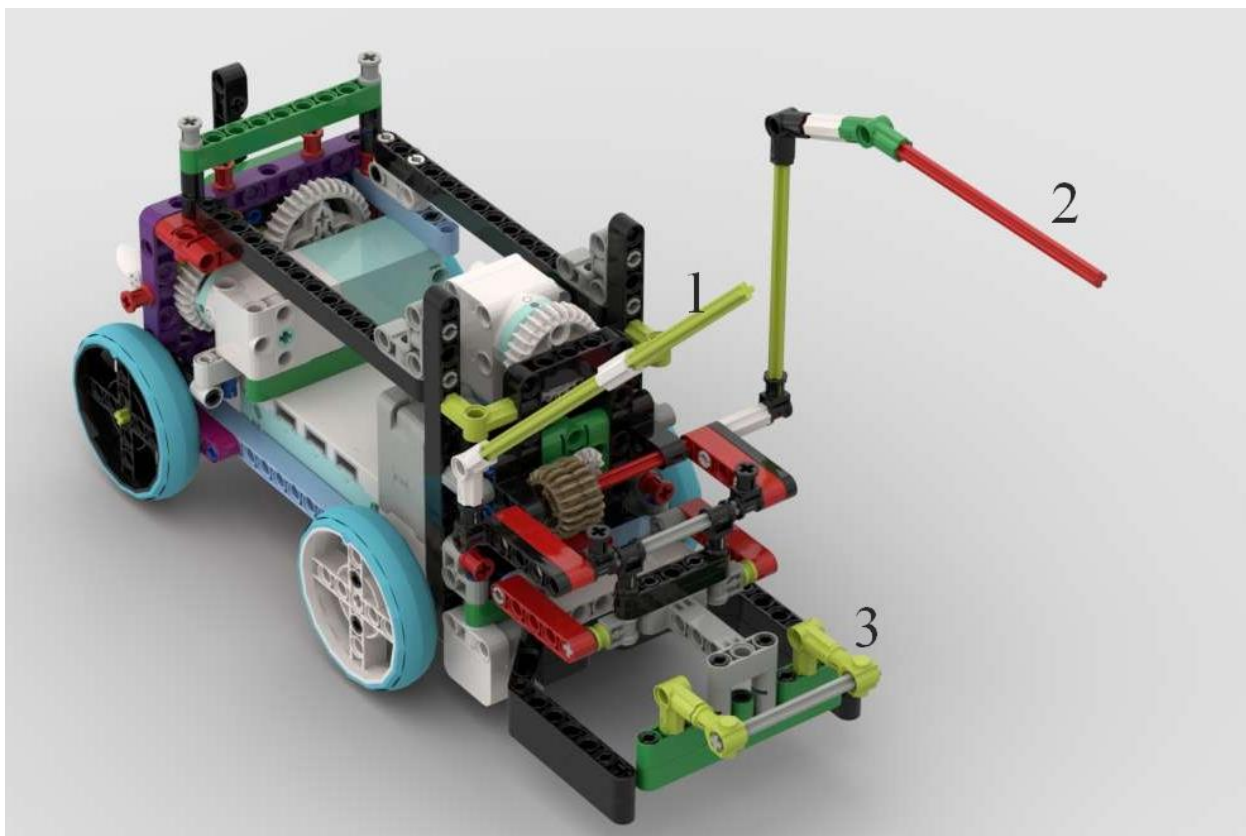


Рис. **. Робот, оборудованный для решения задач 3, 5 и 9.

Последовательность выполнения миссий.

Мы еще раз подкорректировали последовательность выполнения миссий, обращая главное внимание на то чтобы было как можно меньше ручных манипуляций, и пришли к результату – такой последовательности:

1. Миссия 7
2. Миссия 8
3. Миссия 10
4. Миссия 11
5. Миссии 3, 5, 9
6. Миссии 1, 12, 15 и переезд в левый дом.
7. Миссии 2, 13, 14
8. Миссии 2 (завершение) и 6.

Программирование исполнительных механизмов

робота

Ход

Наиболее часто мы использовали режим

```
motor_pair.move(Distance, 'cm',Speed)
```

задавая каждый раз нужное расстояние Distance, единицу всегда использовали «сантиметр», а Speed – в зависимости от того движется робот в нужную точку, сдвигает что-либо либо возвращается на базу –тогда скорость мы ставили максимальной.

В некоторых случаях, когда длина пробега по прямой подходила к метру, мы использовали метод постоянной мощности с подсчетом суммарного угла вращения двигателя, и после прохождения части дистанции плавно уменьшали мощность до нуля – до торможения.

```
MotorR.set_degrees_counted(0)
```

```
MotorL.set_degrees_counted(0)
```

```
motor_pair.start_at_power(-50,0)
```

```
while MotorL.get_degrees_counted() < 1030 or  
ColorSensorL.get_reflected_light() >50:
```

```
if MotorL.get_degrees_counted() > 1150 :
```

```
motor_pair.start_at_power(-30,0)
```

```
elif MotorL.get_degrees_counted() > 1100 :
```

```
motor_pair.start_at_power(-40,0)
```


#continue

Мощность снижается после прохождения черной полосы с 50 до 40 и затем до 30%, и потом мотор тормозит. При этом срыва коэффициента трения до юза не происходит.

Повороты

Исполнительный механизм на зубчатой передаче.

**Подготовка к внутрикомандным соревнованиям
роботов- выполнение задач «Игры роботов».**

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>.