

*Центр робототехники*  
*Физико-Математический Лицей №30*

Техническая книга  
Соревнований First FTC

Команда  
PML30 ( $\varphi$ )

Состав команды:

*Капитан: Фокин Иван*  
*Радионов Максим*  
*Сафронов Никита*  
*Максимычев Евгений*

Руководители:

*Федотов Антон Владимирович*  
*Крылов Георгий Андреевич*  
*Лузин Дмитрий Валерьевич*  
*Лузина Екатерина Павловна*

# Содержание

<b>1</b>	<b>Инженерный раздел</b>	<b>3</b>
1.1	Концепция робота . . . . .	3
1.1.1	Конструкция . . . . .	3
1.1.2	Автономный период . . . . .	3
1.1.3	Управляемый период . . . . .	3
1.2	Стратегия . . . . .	4
1.2.1	Автономный период . . . . .	4
1.2.2	Управляемый период-основная часть . . . . .	4
1.2.3	Управляемый период - финал . . . . .	4
1.3	Планируемые этапы создания робота . . . . .	5
1.3.1	29.09.14 . . . . .	6
1.3.2	01.11.14 . . . . .	11
1.3.3	06.10.14 . . . . .	15
1.3.4	07.10.14 . . . . .	16
1.3.5	08.10.14 . . . . .	19
1.3.6	10.10.14 . . . . .	21
1.3.7	11.10.14 . . . . .	23
1.3.8	13.10.14 . . . . .	25
1.3.9	15.10.14 . . . . .	28
1.3.10	16.10.14 . . . . .	30
1.3.11	17.10.14 . . . . .	32
1.3.12	18.10.14 . . . . .	34
1.3.13	20.10.14 . . . . .	37
1.3.14	21.10.14 . . . . .	39
1.3.15	22.10.14 . . . . .	42
1.3.16	24.10.14 . . . . .	44
1.3.17	25.10.14 . . . . .	46
1.3.18	27.10.14 . . . . .	48
1.3.19	28.10.14 . . . . .	49
1.3.20	01.11.14 . . . . .	51
1.3.21	03.11.14 . . . . .	54
1.3.22	04.11.14 . . . . .	56
<b>2</b>	<b>Перспективы развития и благодарности</b>	<b>58</b>

# 1 Инженерный раздел

## 1.1 Концепция работа

### 1.1.1 Конструкция

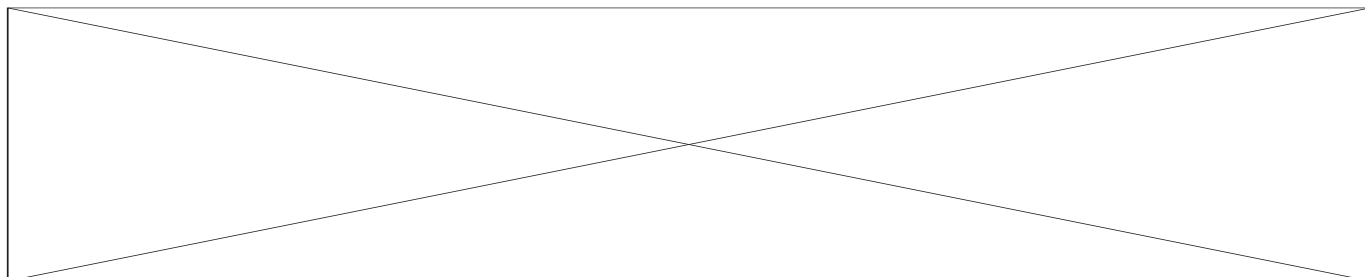
- Робот должен быть мобильным, двигаться быстро и, по возможности в любом направлении (имеется в виду способность двигаться боком).
- Робот должен быть снабжен датчиками угла оборота (энкодерами) для лучшей управляемости в автономном периоде.
- Робот должен быть компактным и не занимать лишнего места, чтобы не мешать союзнику по альянсу, а также для удобства транспортировки.
- Робот должен быть способен управлять пятью (5) мячами одновременно.
- Робот должен иметь приспособление для перемещения подвижных корзин.
- По возможности робот должен быть легким, чтобы его было легче переносить
- Конструкция робота должна обеспечивать быстрый доступ ко всем его ключевым узлам.

### 1.1.2 Автономный период

- Робот должен иметь несколько версий автономного периода, в зависимости от того, где он стартует и каковы возможности союзника по альянсу.
- Программа автономного периода должна быть по возможности простой.
- По возможности должна быть реализована программа, дающая роботу возможность ориентироваться по ИК-датчику.

### 1.1.3 Управляемый период

- Управление роботом должно быть простым, удобным и интуитивно понятным.
- Один оператор полностью отвечает за перемещение робота, а второй - за все остальное.
- Некоторые действия в управляемом режиме могут управляться автономно, для того, чтобы снять лишнюю нагрузку с оператора.
- Желательно, чтобы у оператора была возможность управления скоростью робота, поскольку совершать точные манипуляции с игровыми элементами на максимальной скорости довольно трудно.



## 1.2 Стратегия

### 1.2.1 Автономный период

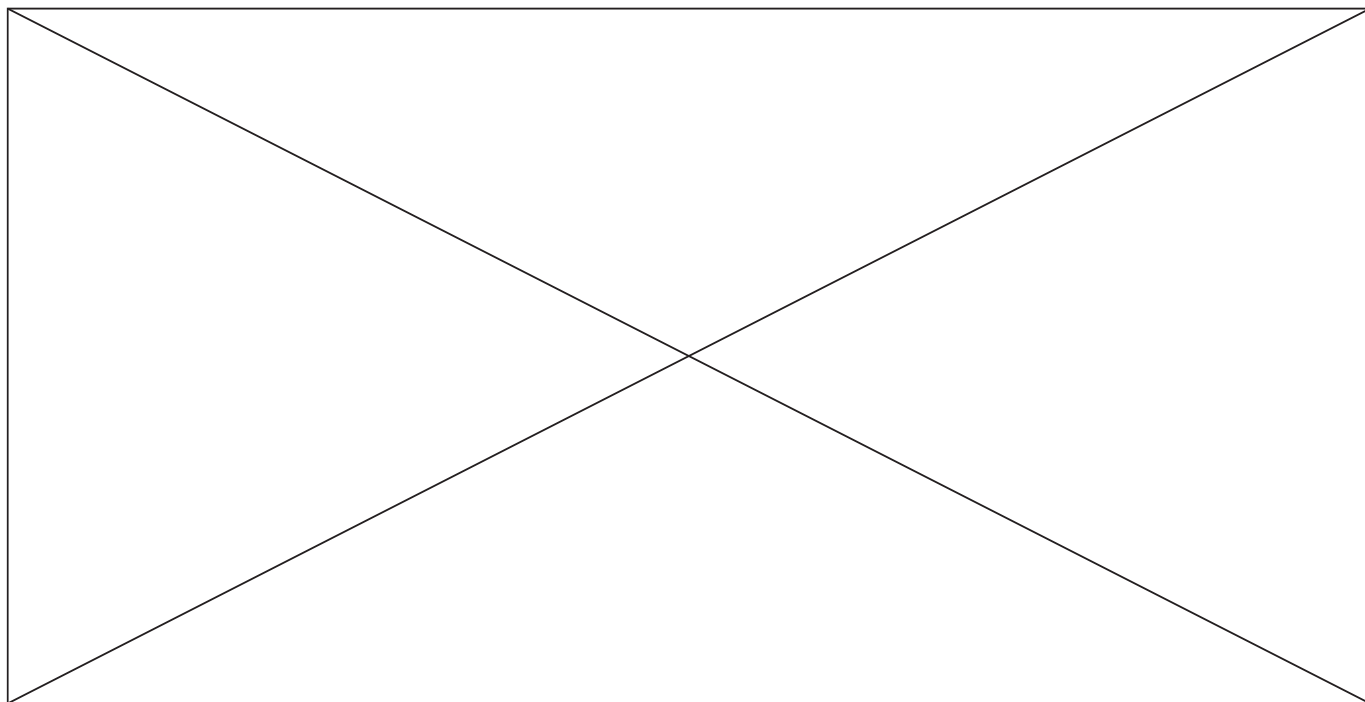
1. Положить два автономных мяча в две разные корзины (подвижные либо центральную).
2. Взять как можно больше передвижных корзин и отвезти их в зону парковки.
3. По пути в зону парковки по возможности задействовать механизм высвобождения мячей.
4. В зоне парковки поднять корзины над полем.

### 1.2.2 Управляемый период-основная часть

1. Отпустить подвижные корзины и обеспечить к ним свободный доступ союзника по команде. Но при этом возить за собой одну корзину для того, чтобы не тратить много времени на перемещение мячиков в корзину
2. Наполнять мячами сначала 90-сантиметровую корзину, затем, если она заполнится, переходить к 60-сантиметровой и 30-сантиметровой.
3. Избегать столкновений, как с союзником, так и с противниками, поскольку из-за этого теряется время.

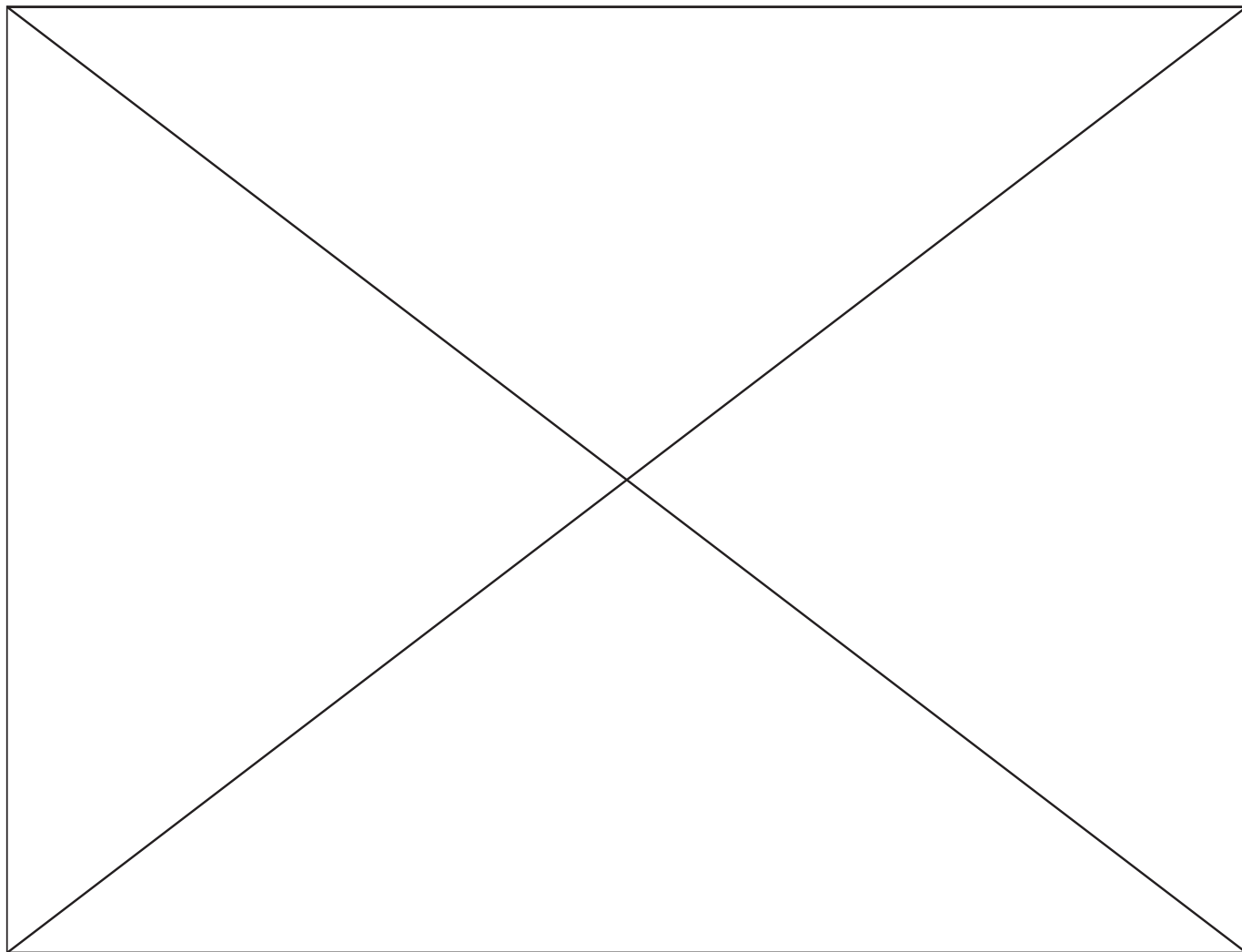
### 1.2.3 Управляемый период - финал

1. Сознательно отказаться от заполнения мячами центральной корзины, оставив это союзнику по альянсу.
2. Отвезти как можно больше передвижных корзин на пандус.
3. Заехать роботом на пандус



### 1.3 Планируемые этапы создания робота

1. Создание колесной (или гусеничной) базы робота.
2. Создания программы для управления колесной базой с помощью одного (1) джойстика.
3. Создания системы контроля мячей.
4. Создание программы для управления системой контроля мячей параллельно с движением робота с помощью двух (2) джойстиков.
5. Написание программы для автономного периода.
6. Создание системы поднятия союзника, а также других возможных дополнительных систем, таких как декоративная светодиодная подсветка.
7. Установка на робота дополнительной защиты корпуса для предотвращения повреждений при случайных столкновениях.
8. Тренировки как в одиночку, так и с другими роботами (при их наличии).
9. Внесение доработок по итогам первых соревнований.



**1.3.1 29.09.14****1. Время начала и окончания собрания:**

18:00 - 21:30

**2. Цели собрания:**

2.1. Обсудить правила FTC

2.2. Разобрать основные аспекты конструкции робота.

2.3. Разработать стратегию игры нашей команды.

**3. Прделанная работа:**

3.1. Была обсуждена 2 часть правил, с которыми каждый из нас предварительно ознакомился самостоятельно.

3.2. В ходе обсуждения конструкции робота было выдвинуто несколько идей:

**3.2.1. Размеры робота:**

3.2.1.1. Робот должен быть достаточно компактным, чтобы помимо самого корпуса в размеры помещался еще и захват для мячей.

3.2.1.2. Робот должен быть компактным, чтобы не мешать союзникам.

3.2.1.3. Корпус робота не должен быть слишком маленьким, иначе он будет неустойчив в разложенном состоянии с вытянутым ковшом (максимальная высота поднятия – 120 см).

**3.2.2. Колесная база:**

3.2.2.1. Конструкция с четырьмя ведущими колесами, центры которых находятся в углах квадрата. Такая система также хорошо ездит по прямой и разворачивается на месте, но в отличие от предыдущей занимает значительно меньше места и практически неразрушаема, что имеет важную роль в соревнованиях FTC. Незначительным минусом конструкции является то, что при развороте колеса неспособны катиться и подпрыгивают, из-за чего робот ощутимо трясется.

3.2.2.2. Конструкция с двумя гусеницами. Плюсы данной конструкции заключаются в том, что она отлично ездит по прямой и разворачивается на месте вокруг точки пересечения диагоналей прямоугольника, в углах которого располагаются катки. Минусами системы являются большие размеры и ненадежность, поскольку гусеница может слететь в самый ответственный момент. Кроме того, в нашем

наборе TETRIX отсутствуют гусеницы, поэтому в случае выбора данной конструкции их предстоит сделать самостоятельно.

- 3.2.2.3. Конструкция с четырьмя ведущими омни-колесами из набора TETRIX, центры которых находятся в углах квадрата, расположенными под углом в 45 градусов к корпусу. Превосходство данной конструкции над предыдущими в том, что она способна двигаться не только вперед или назад, а во всех направлениях. Эта конструкция позволяет роботу очень быстро поворачиваться на месте, но плохо показывает себя при движении по прямой, что может негативно сказаться на автономном периоде.
- 3.2.2.4. Конструкция с четырьмя ведущими омни-колесами, в которых ролики располагаются под углом в 45 градусов к направлению вращения колеса, центры которых находятся в углах квадрата, таким же образом, как в случае с обычными колесами. Плюсы: точное движение по прямой, быстрый разворот на месте, возможность движения в любом направлении без поворота корпуса. Минусы: необходимость докупать колеса отдельно в связи с отсутствием таковых в наборе, низкая точность при развороте.

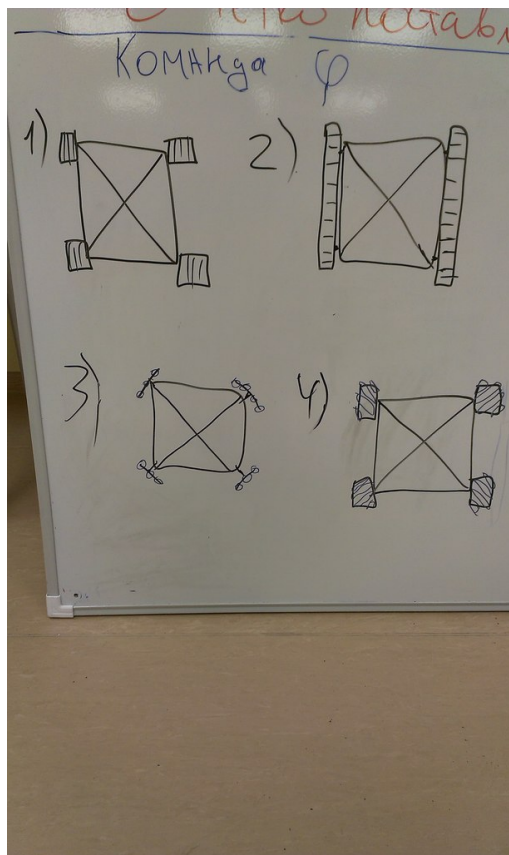


Рис. 1: Идеи для ходовой: 1) Конструкция с четырьмя ведущими колесами 2) Конструкция с двумя гусеницами 3) Конструкция с четырьмя ведущими омни-колесами из набора TETRIX 4) Конструкция с четырьмя ведущими омни-колесами



### 3.2.3. Система контроля мячей:

3.2.3.1. Корзина для шаров закреплена на системе из некоторого количества реек, соединенных между собой сервоприводами. Плюсы: отсутствие лески, способной порваться в ходе соревнований. Минусы: чрезмерная сложность и громоздкость конструкции вкупе с ее слабой надежностью.

3.2.3.2. Корзина для шаров закреплена на вертикальных раздвижных мебельных рейках, основание которых жестко зафиксировано на каркасе робота, а механизм раздвигания приводится в действие ДС-мотором, наматывающим на себя леску. Плюсы: простота и надежность конструкции (за исключением лески), высокая точность подъема корзины-захвата на заданную высоту. Минусы: леска способна порваться в ходе соревнований

3.2.3.3. Корзина для шаров закреплена на раздвижных мебельных рейках, механизм раздвигания которых приводится в действие ДС-мотором, наматывающим на себя леску, а основание установлено на оси другого ДС-мотора, способного поворачивать ее в вертикальной плоскости, параллельной длине робота. Плюсы: возможность раздвигания системы в горизонтальном положении снимает часть нагрузки с лески, точность подъема корзины-захвата на заданную высоту средняя. Минусы: леска способна порваться в ходе соревнований.

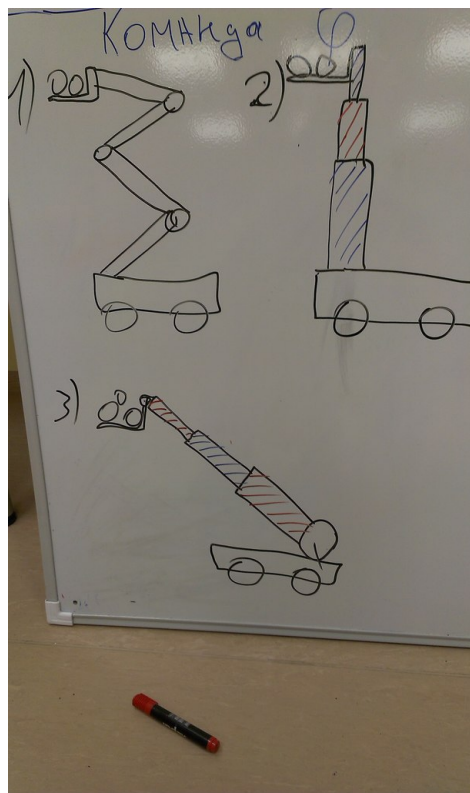


Рис. 2: Идеи для подъемника мячей: 1) Конструкция №1  
б) Конструкция с неподвижными мебельными рейками в) Конструкция с мебельными рейками, установленными на вращающейся платформе

3.2.4. Система фиксации подвижной корзины (для более точного закидывания мячей в корзину, а также для транспортировки ее в зону парковки):

3.2.4.1. П-образный захват с двумя сервоприводами, фиксирующими корзину между балками, установленный на оси DC-мотора, способного поворачивать ее в вертикальной плоскости, параллельной длине робота. Плюсы: способность поднимать корзины над полом, входит в размеры в сложенном состоянии. Минусы: занимает много места.

3.2.4.2. Такой же захват, только вместо балок-клевшей используются крючки, способные захватывать корзину за отверстия, расположенные в ее основании. Плюсы: компактнее предыдущего варианта. Минусы: Попадать крючками в отверстия будет довольно трудно.



Рис. 3: Идеи фиксации подвижной корзины: 1)П-образный захват 2)Захват с крючками

4. Итоги собрания:

4.1. В результате обсуждения были сформированы общие идеи, касающиеся нашего проекта. Они были помещены в разделы «Концепция робота», «Стратегия» и «Планируемые этапы создания робота».

4.2. Было определено общее направление приложения усилий, однако ничего конкретного пока решено не было.

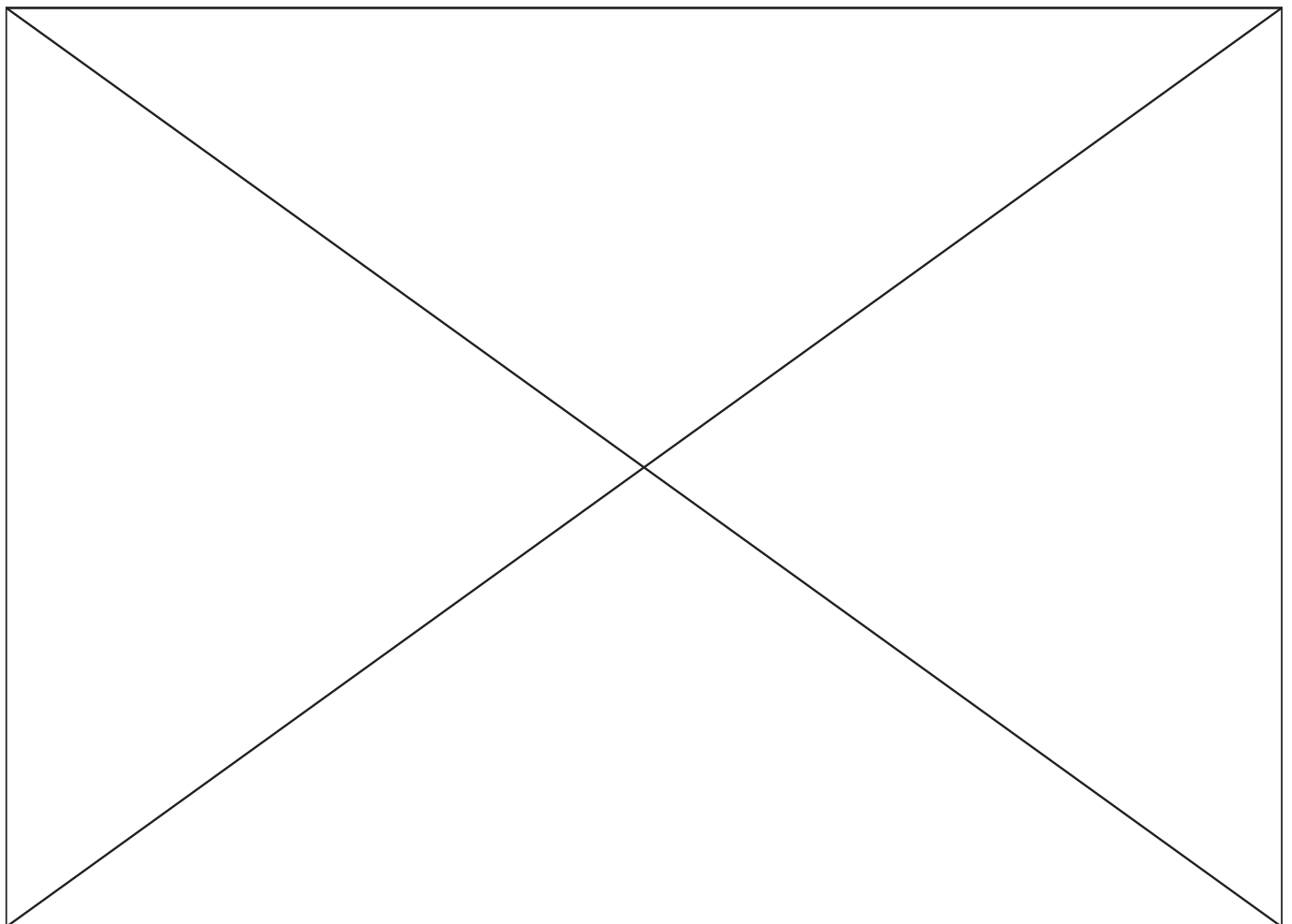
5. Задачи для последующих собраний:

5.1. Выбрать оптимальную колесную базу.

5.2. Выбрать оптимальный размер корпуса робота, исходя из соображений компактности и устойчивости.

5.3. Выбрать наилучшую систему контроля шаров.

5.4. Выбрать наиболее эффективный вид фиксирования подвижной корзины.



**1.3.2 01.11.14****1. Время начала и окончания собрания:**

18:00 - 21:30

**2. Цели собрания:**

2.1. Выбрать и сделать колесную базу робота.

2.2. Создать простейшую программу для управления им с джойстика.

**3. Прodelанная работа:**

3.1. Была создана колесная база робота:

3.1.1. Предпочтение было отдано варианту с омни-колесами с роликами, расположенными под углом в 45 градусов к направлению вращения, однако, поскольку пока у нас в наличии их не было, вместо омни-колес было решено установить обычные колеса из набора TETRIX.

3.1.2. Для обеспечения устойчивости робота наиболее тяжелые компоненты были расположены как можно ближе к земле. Таким образом, в нижней части робота был расположен аккумулятор (он, как самая тяжелая деталь робота, был помещен в заднюю часть для того, чтобы уравновесить захват мячей, который будет располагаться в передней части робота), микроконтроллер NXT и драйвера моторов и сервоприводов.

3.1.3. Поскольку вся управляющая электроника была размещена у самого пола, провода могли случайно вылезти наружу с нижней части и зацепиться за других роботов или за собственные подвижные части, поэтому на следующее занятие было решено принести пластмассовую папку и вырезать из нее кусок для днища нужного размера, чтобы защитить управляющую электронику с проводами с нижней части.

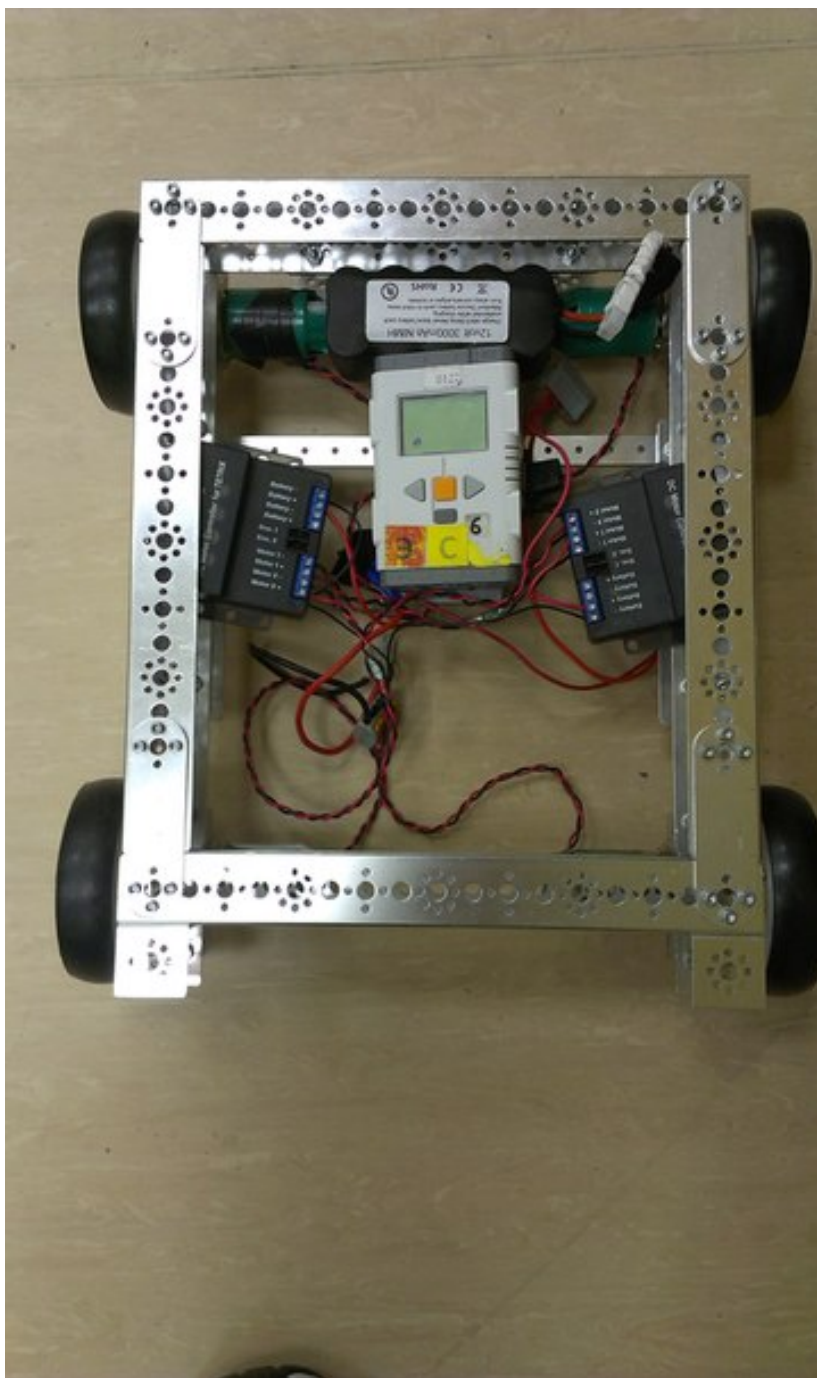


Рис. 4: Идеи фиксирования подвижной корзины: 1)П-образный захват 2)Захват с крючками

3.2. Была выдвинута идея сделать подъемник для мячей по принципу конвейера. Такая система позволила бы установить захват мячей стационарно на корпусе робота, а поднимать только сами мячи. Вот идеи конвейеров:

3.2.1. Лента с корзинами, расположенными на ней через равные промежутки.

3.2.2. Раздвижной полый цилиндр, внутри которого перемещаются оси, выполняющие

роли основания корзины, стенками которой являются стенки раздвижного цилиндра.

- 3.2.3. Раздвижной полый цилиндр, внутри которого с одной стороны расположена движущаяся вверх лента с закрепленными на ней упругими «ворсинками», проталкивающими шары вверх по трубе. Плюс данной системы в том, что мячи могут захватываться лентой сразу, а не ждать следующую корзину.



Рис. 5: Идеи для подъемника мячей: 1)Лента с корзинами 2)Конструкция с раздвижным цилиндром 3)Конструкция с раздвижным цилиндром и ворсинками

4. Итоги собрания:

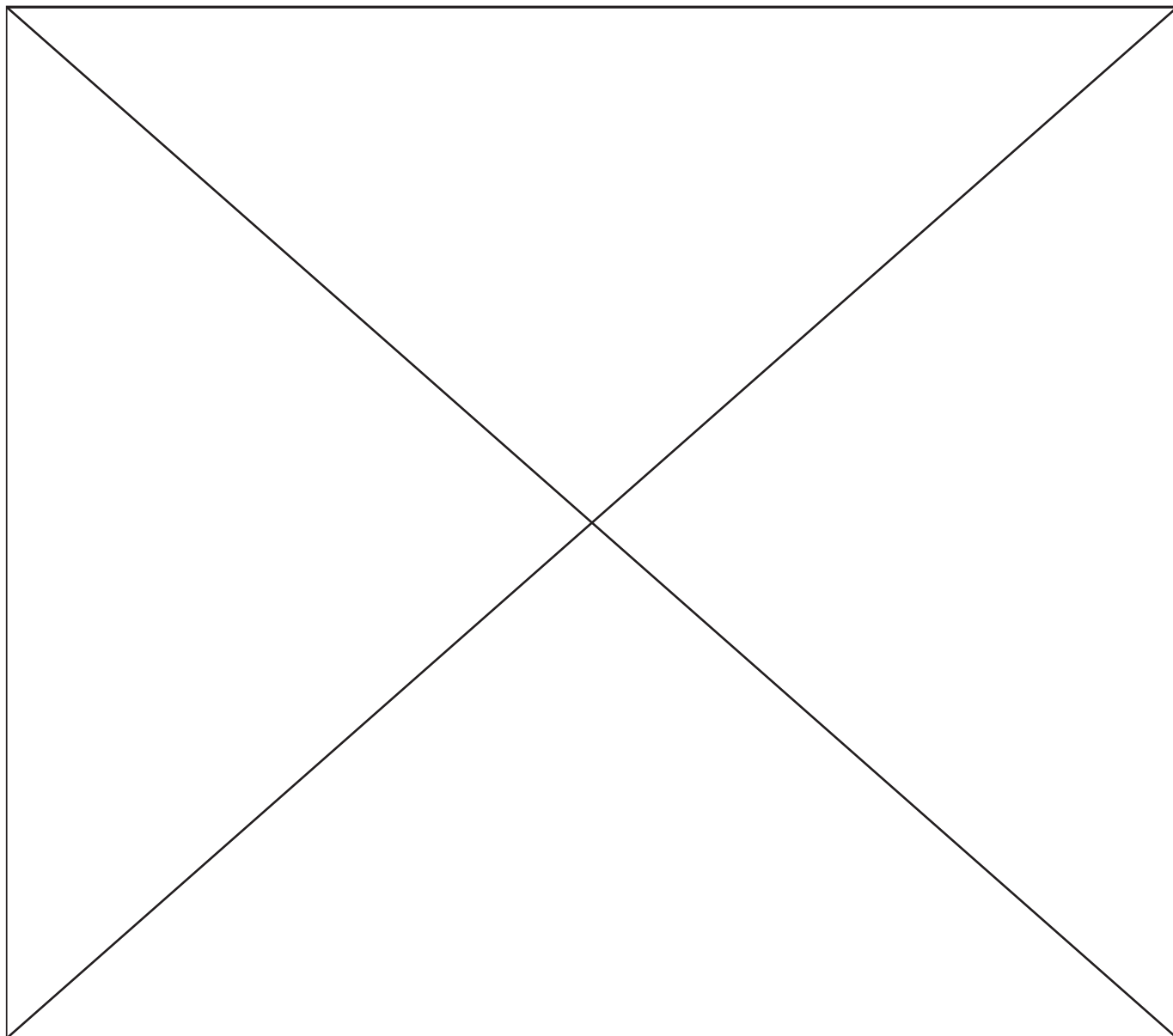
4.1. Колесная база робота собрана.

4.2. Программа управления роботом не реализована.

5. Задачи для последующих собраний:

5.1. Создать программу управления роботом.

5.2. Установить защиту днища.



**1.3.3 06.10.14****1. Время начала и окончания собрания:**

21:00 - 21:30

**2. Цели собрания:**

2.1. Начать писать программу для управления роботом с джойстика.

**3. Прделанная работа:**

3.1. Для проверки способностей ходовой было написано две программы движения робота – по прямой и вокруг своей оси. При движении по прямой робот показал блестящие результаты, поскольку почти не отклонился от изначальной траектории за все время движения. При вращении вокруг своей оси робот сильно дребезжал, поскольку из-за высокого коэффициента трения его колеса не могли проскальзывать по полу и подпрыгивали, но в целом это никак не влияло на точность поворота. Робот вращался точно вокруг своего центра тяжести, однако последний находился не в центре робота, а ближе к задней части. Возможно, для удобства управления следует переместить центр тяжести ближе к линии пересечения диагоналей квадрата, в углах которого расположены колеса. Тогда место, необходимое на разворот, будет меньше и мы будем меньше мешать союзникам.

3.2. В результате обсуждения типа подъемника был выбран вариант с раздвижными мебельными рейками, основание которых жестко зафиксировано на каркасе робота. Эта конструкция наиболее надежная из всех описанных выше, а также самая простая в исполнении.

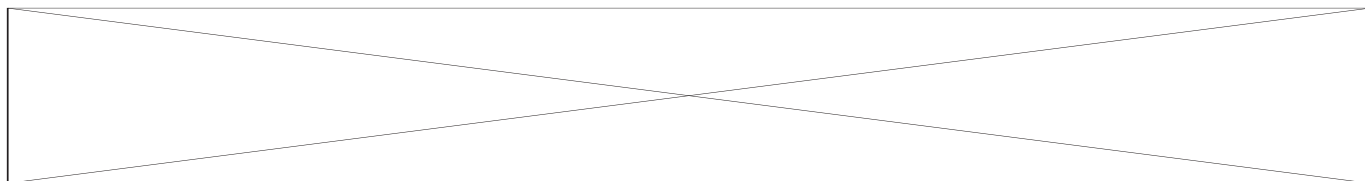
**4. Итоги собрания:**

4.1. Программа управления с джойстика пока не реализована.

4.2. Выбран тип подъемника для мячей.

**5. Задачи для последующих собраний:**

5.1. Купить мебельные рейки для создания подъемника.





### 1.3.4 07.10.14

#### 1. Время начала и окончания собрания:

17:00 - 21:30

#### 2. Цели собрания:

2.1. Написать программу для управления роботом с джойстика.

2.2. Начать создание подъемника для шаров.

#### 3. Прodelанная работа:

3.1. Сегодня было реализовано управление роботом с помощью джойстика. Управление моторами осуществлялось с помощью левого аналогового датчика. В ходе испытаний было выяснено, что когда на моторы подается малый ток, они не могут провернуться, и издают громкий неприятный звук, вероятно свидетельствующий о том, что они работают на износ. В связи с этим было решено поставить ограничение на подачу моторам слишком слабого сигнала.

3.2. Для того, чтобы поднимать корзину на 120 см, было решено собрать две направляющих, каждая из которых состоит из четырех мебельных реек, двух по 30 см и двух по 35 см. Таким образом, рабочая высота составила 130 см. Направляющие были установлены на робота, однако каким образом будет реализован механизм для их раздвигания пока неизвестно.

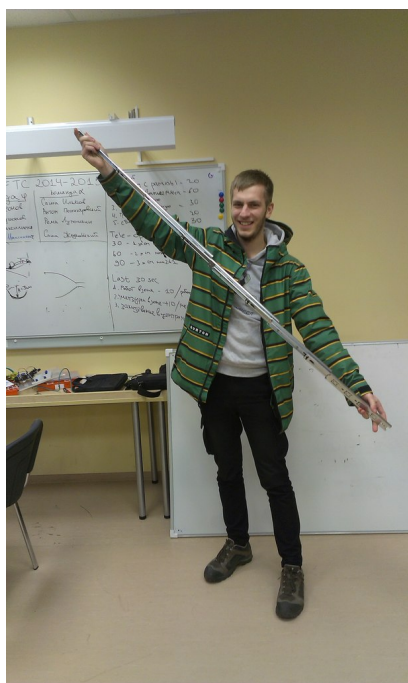


Рис. 6: Направляющие для подъемника

3.3. Поскольку во внутренней части робота оставалось много свободного пространства, было решено установить подъемник шаров в центральной части робота, а управляющую электронику переместить в заднюю часть робота и закрепить ее там для предотвращения ее повреждения расположенным рядом механизмом подъема шаров. В передней части робота было оставлено место для ковша.

3.4. Поскольку ковш будет опускаться внутри робота, она будет защищена от столкновений с другими роботами. Но в таком случае встает вопрос о том, как мячи будут попадать в ковш, если она будет располагаться внутри робота. Для решения данной проблемы было решено увеличить расстояние между полом и нижней частью передней балки каркаса до 7 см, чтобы в него мог пройти большой шарик. Этого удалось добиться поворотом моторов вокруг своей оси в местах их крепления из положения, в котором вал находится сверху в положение, в котором вал находится сбоку. Кроме того, такое решение позволило отдалить колеса друг от друга, несколько увеличив устойчивость робота.

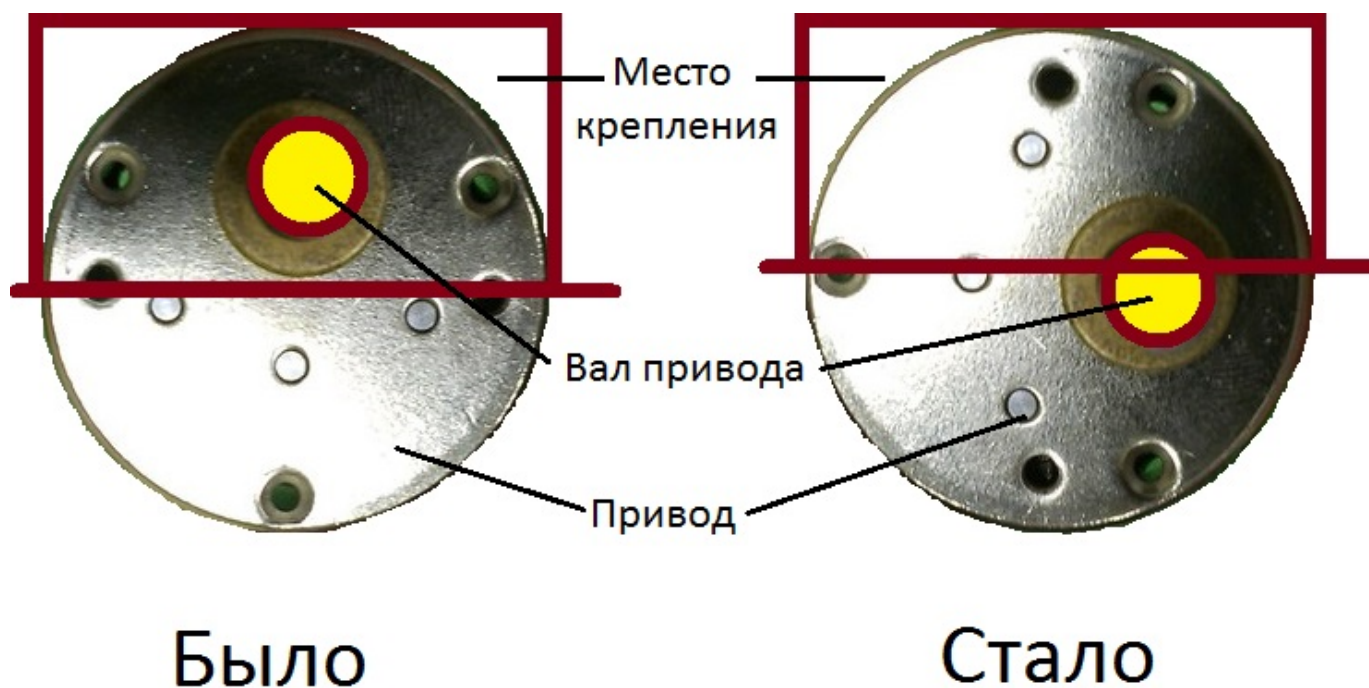
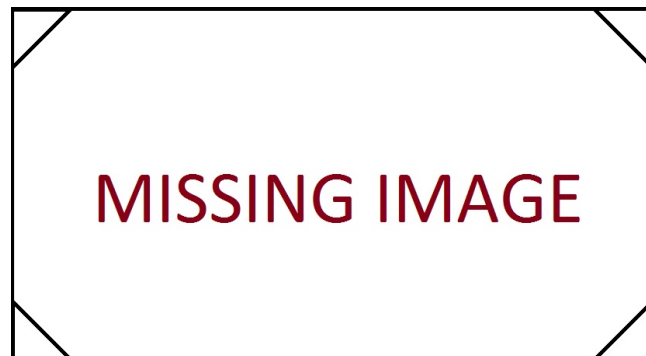


Рис. 7: Увеличение клиренса

3.5. Впоследствии в передней части робота было решено установить мягкие щетки, подобные тем, которые устанавливаются на снегоуборочные машины, которые будут вращаться и захватывать мячи. В случае, когда робот собрал максимальное количество шариков, оператор сможет остановить вращение щеток, что не даст другим мячам случайно попасть в ковш.



Внешний вид



Принцип работы

Рис. 8: Идея для захвата мячей

#### 4. Итоги собрания:

- 4.1. Реализована простейшая программа по управлению роботом, нуждающаяся в доработке.
- 4.2. Созданы и закреплены на роботе направляющие для подъемника.
- 4.3. Батарея и драйверы моторов надежно зафиксированы на роботе, блок NXT не был закреплен, поскольку его периодически требуется вынимать для замены аккумулятора.
- 4.4. Увеличен клиренс робота.

#### 5. Задачи для последующих собраний:

- 5.1. Доработать программу управления роботом.
- 5.2. Реализовать управление роботом по Bluetooth.
- 5.3. Разработать механизм раздвигания направляющих.



### 1.3.5 08.10.14

#### 1. Время начала и окончания собрания:

18:30 - 21:40

#### 2. Цели собрания:

2.1. Написать программу для управления роботом по Bluetooth.

2.2. Придумать оптимальный способ приведения подъемника в действие.

#### 3. Прodelанная работа:

3.1. Программа управления робота была изменена. Было установлено ограничение таким образом, что при слабых отклонениях джойстика робот не реагировал, что позволило во-первых избежать чрезмерной нагрузки на моторы при подаче на них значений, близких к нулю, а во-вторых не допускать неконтролируемого движения робота в результате случайного задевания рукой аналогового датчика.

3.2. Было осуществлено подключение к роботу по Bluetooth.

3.3. Испытания робота в беспроводном режиме прошли успешно. Поскольку к драйверам моторов не были подключены энкодеры, мы не могли запрограммировать робота на автономное передвижение. На данный момент энкодеры нам не требовались, однако на соревнованиях они будут необходимы.

3.4. В ходе испытаний была испытана способность робота подниматься по наклонной плоскости. Робот способен подняться по горке с углом наклона в 30 градусов.

3.5. Для раздвигания мебельных реек было решено создать конструкцию из восьми поперечных осей (далее они будут называться перекладинами), закрепленных попарно между двумя направляющими таким образом, чтобы каждой балке, закрепленной в верхней части неподвижной составляющей одной мебельной направляющей, соответствовала балка, закрепленная в нижней части ее подвижной составляющей. В этом случае трос, закрепленный на нижней балке и перекинутый через верхнюю, при натяжении раздвигает мебельную рейку.



Рис. 9: Механизм раздвигания подъемника

3.6. Вместо лески для раздвигания подъемника было решено использовать ремень, поскольку он гораздо надежнее и не запутается в ходе матча.

4. Итоги собрания:

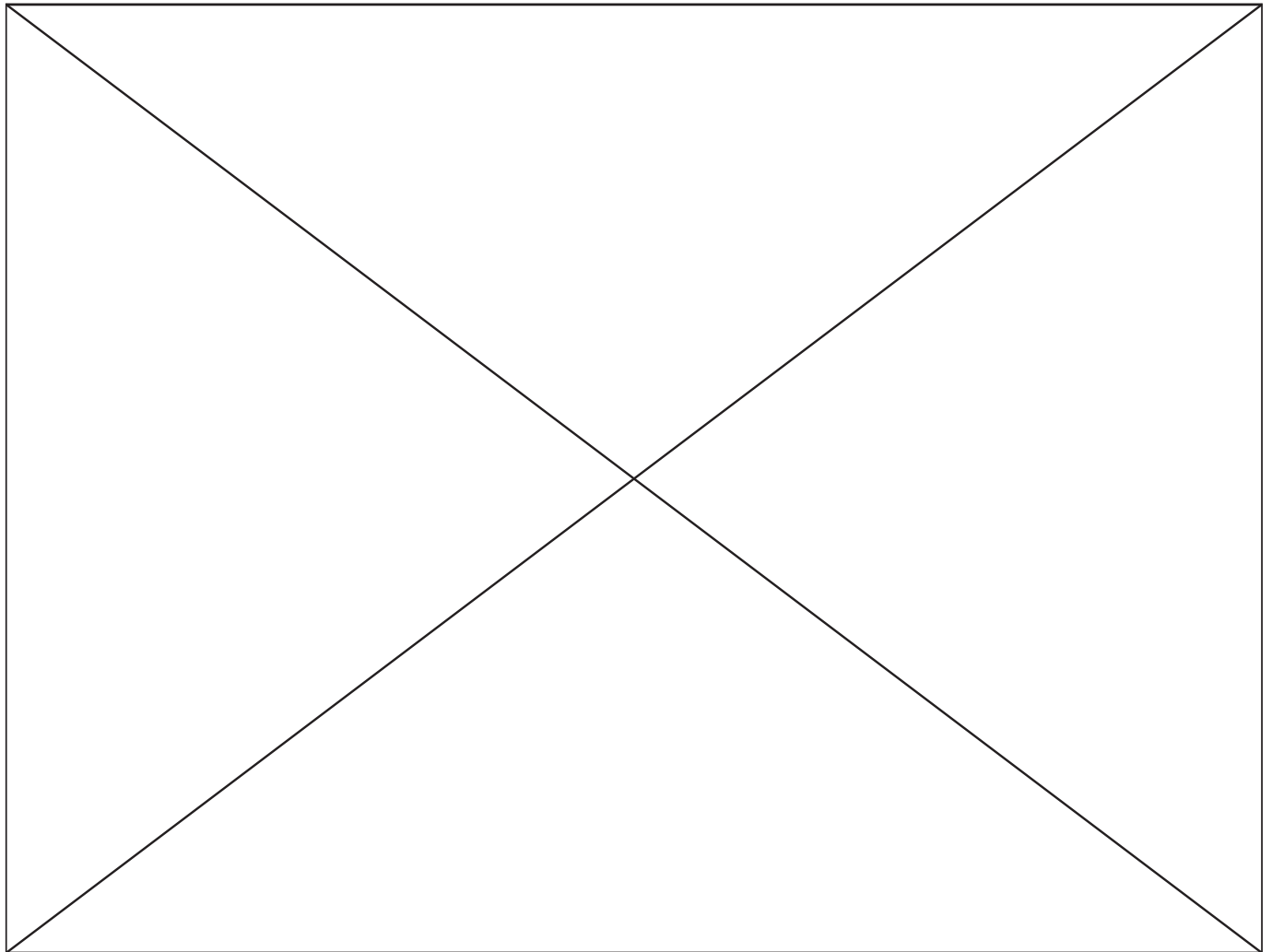
4.1. Реализовано управление роботом по Bluetooth. Результаты удовлетворительные.

4.2. Разработана концепция механизма раздвигания подъемника.

5. Задачи для последующих собраний:

5.1. Приобрести ремень для раздвигания подъемника нужной длины. Длина не менее 3-х метров.

5.2. Приобрести алюминиевый профиль для создания креплений для поперечных балок.



### 1.3.6 10.10.14

1. Время начала и окончания собрания:

18:30 - 21:40

2. Цели собрания:

2.1. Выбрать оптимальный диаметр поперечных балок для подъемника.

2.2. Распилить алюминиевый профиль на сегменты нужной длины, просверлить в них нужные отверстия и установить их между направляющими вместо прослойки из оригинальной тетриксовской детали.

3. Прodelанная работа:

3.1. Был приобретен ремень для раздвигания подъемника.



Рис. 10: Ремень

3.2. Для создания креплений для поперечных балок была приобретена алюминиевая полоса размерами 200 см x 5 см x 0,2 см.

3.3. В качестве поперечных балок в наборе TETRIX были доступны цилиндрические валы диаметром 15 мм и оси для колес диаметром 5 мм. Предпочтение было отдано последним по причине их большей компактности.

3.4. Поскольку оси меньшего диаметра имели срезанный край для закрепления втулок колес, они оказывали большое сопротивление движению ремня из-за трения. Тогда было решено насадить на ось свободные (без креплений) втулки. Предварительные испытания продемонстрировали полную состоятельность данной идеи.

3.5. После этого было решено приступить к действиям:

3.5.1. Направляющие подъемника были предварительно разобраны.

3.5.2. Алюминиевая полоса была распилена на 6 сегментов: 2 по 30 см и 4 по 35 см.

3.5.3. При сверлении полученных деталей возникли трудности, поскольку все сверла оказались сточенными. К следующему занятию было решено купить новые сверла.

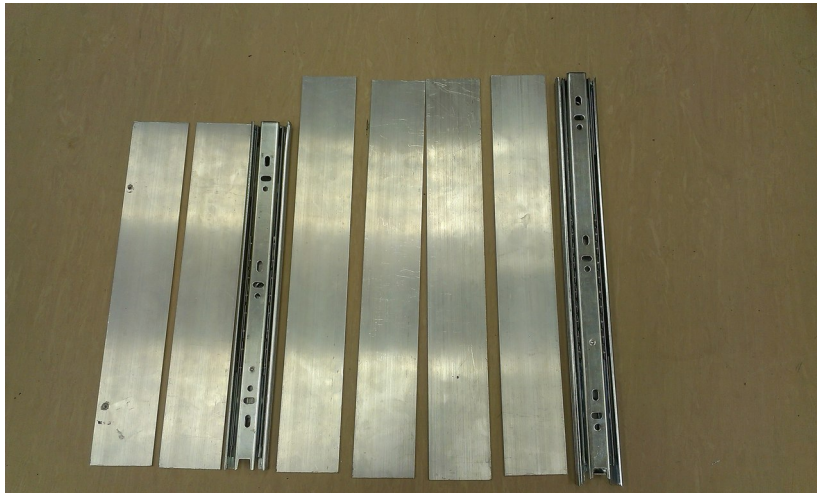


Рис. 11: Алюминиевая полоса была распилена на 6 сегментов

4. Итоги собрания:

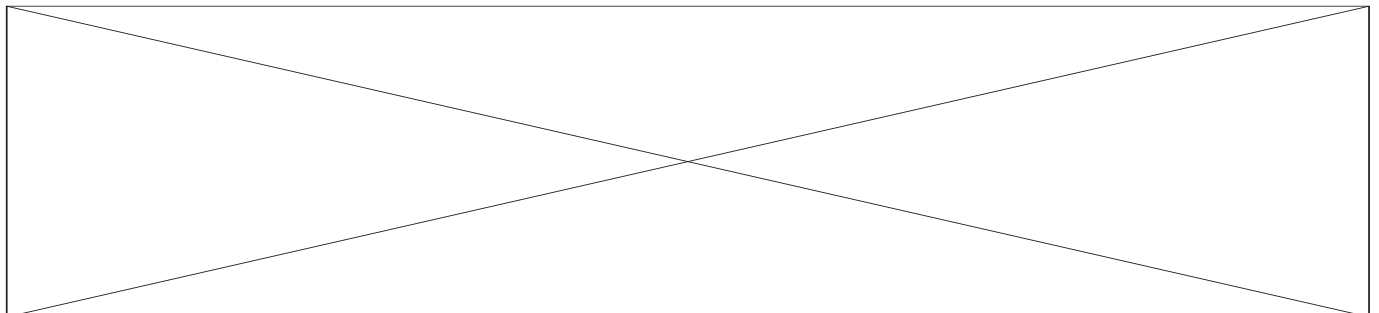
4.1. Выбраны балки для подъемника.

4.2. Балка распилена на сегменты нужной длины.

4.3. Просверлить отверстия не удалось.

5. Задачи для последующих собраний:

5.1. Купить новые сверла по металлу.





**1.3.7 11.10.14**

1. Время начала и окончания собрания:

16:40 - 21:40

2. Цели собрания:

2.1. Просверлить отверстия в креплениях для балок в подъемнике.

2.2. Полностью собрать направляющие подъемника с новыми креплениями.

2.3. По возможности установить направляющие на робота.

3. Прodelанная работа:

3.1. Все крепления были закончены и установлены на направляющие.

3.2. При установке креплений для балок на направляющие выяснилось, что алюминиевый профиль тоньше, чем деталь из TETRIX-а, использовавшаяся в качестве прослойки между мебельными рейками, и из-за этого винты, которыми скреплялись направляющие, дальше выходили из отверстий и мешали мебельным рейкам раздвигаться. Было принято решение несколько сточить винты. Поскольку стачивание винта со стороны резьбы могло помешать нормальному ходу гайки по резьбе, была сточена часть шляпки, под которую затем было подложено две гайки. После этого раздвиганию направляющих ничего не мешало.



Рис. 12: Направляющие с креплениями для перекладин

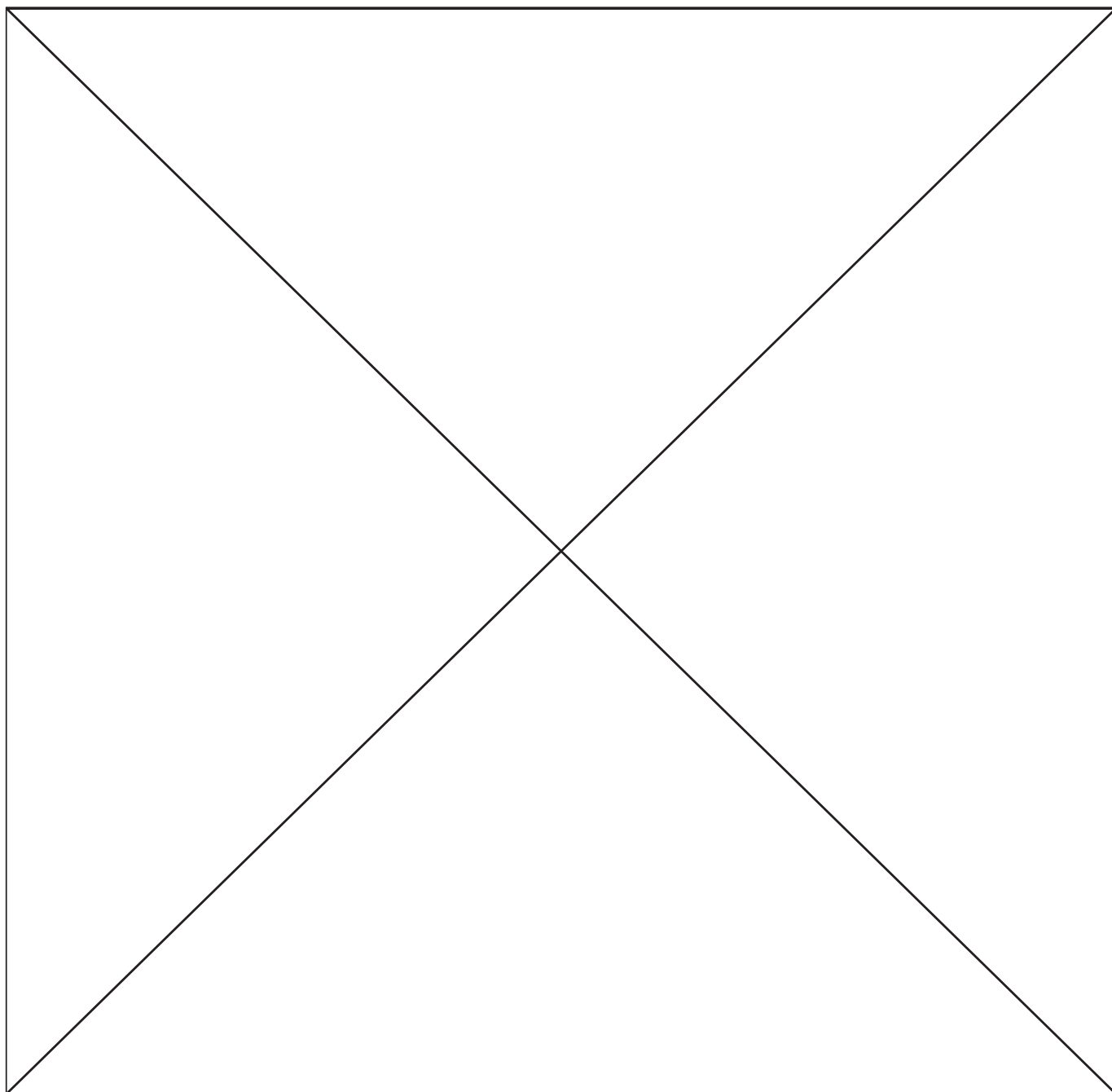


4. Итоги собрания:

4.1. Направляющие собраны, но не установлены на робота.

5. Задачи для последующих собраний:

5.1. Установить направляющие на робота, собрать полноценный подъемник и испытать его в действии.



**1.3.8 13.10.14**

1. Время начала и окончания собрания:

21:00 - 21:30

2. Цели собрания:

2.1. Установить направляющие на робота.

2.2. Разработать концепцию механизма для закидывания мячей в подвижные корзины.

3. Прodelанная работа:

3.1. Поскольку в нашу стратегию входило возить подвижную корзину за собой сзади, было решено установить на последней направляющей ось, вокруг которой мог бы вращаться ковш с мячами. Сверху ковша будет помещена трубка диаметром чуть больше диаметра большего шарика, которая будет поворачиваться вокруг оси вместе с ним и в тот момент, когда ковш будет находиться выше трубки, мячи по ней будут скатываться назад, за робота, туда, где расположена корзина.



Рис. 13: Идея для ковша

- 3.2. Было подсчитано, что оптимальным местом расположения оси, вокруг которой должен будет вращаться ковш, является помещение ее в 20 сантиметрах от нижнего края последнего сегмента направляющих. Дополнительный прирост высоты подъема ковша позволил отказаться от одной пары 30-сантиметровых мебельных реек. Таким образом, у нас осталось три пары мебельных реек рабочей высотой в 105 сантиметров и механизм для закидывания мячей в корзины, находящийся на стадии разработки.
- 3.3. Измененные направляющие были установлены на робота.
- 3.4. После установки направляющих было решено протестировать работу подъемника. Ремень хорошо справлялся с задачей, однако оси прогибались, испытывая сильные нагрузки, из чего был сделан вывод, что нам необходимы более прочные оси. Кроме того, рейки раздвигались неодинаково, поэтому было решено попарно жестко скрепить их друг с другом. Критических проблем в системе подъемника обнаружено не было.

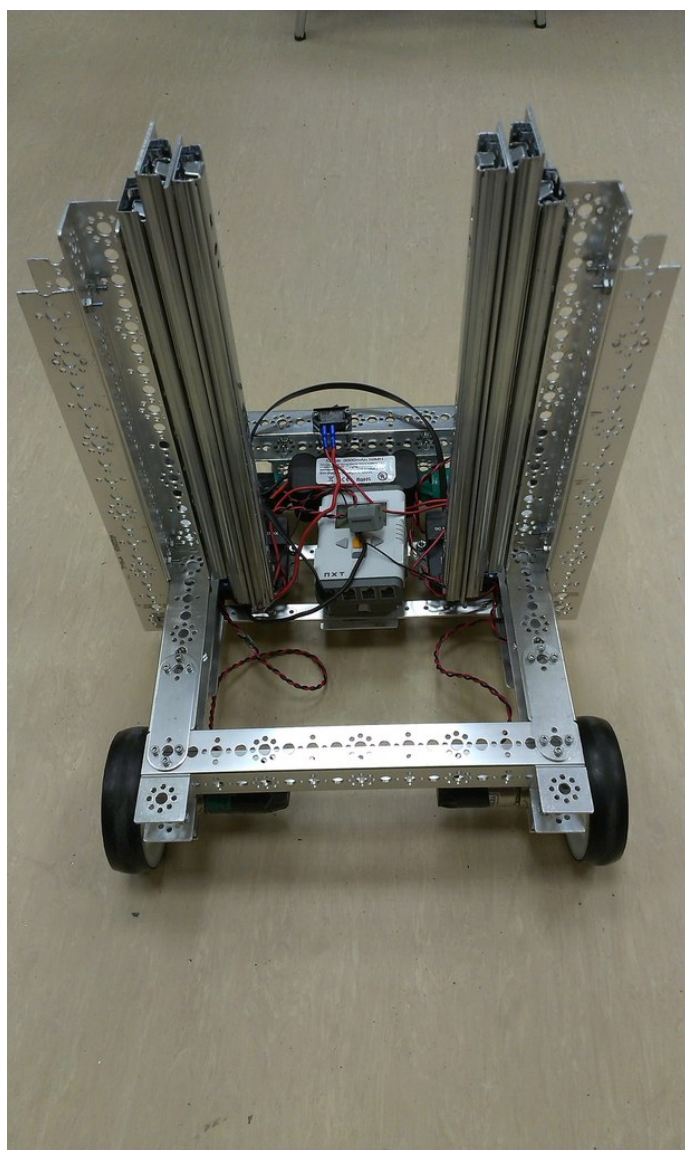


Рис. 14: Робот с установленными на него направляющими

4. Итоги собрания:

4.1. Направляющие установлены на работа. Их конструкция упрощена.

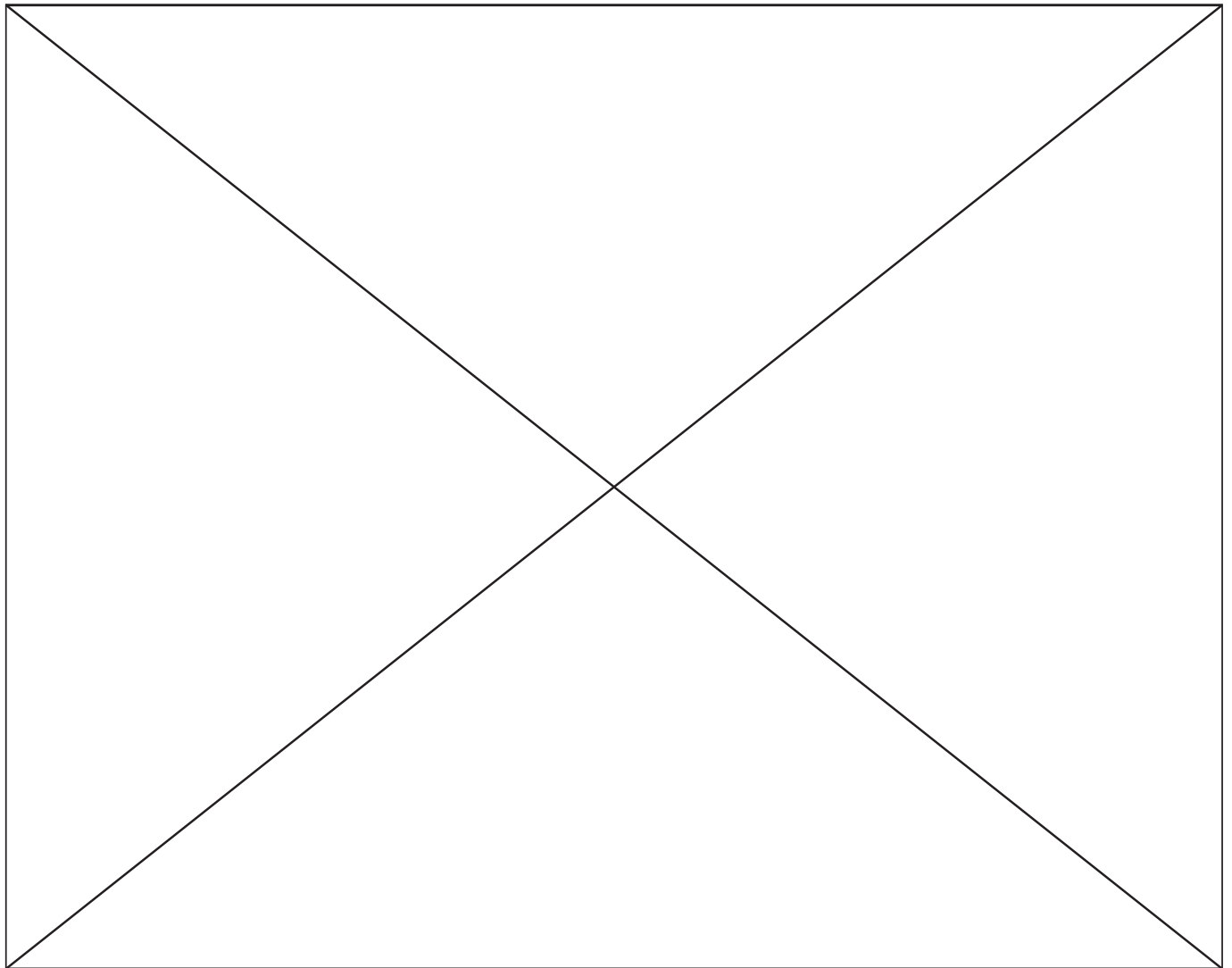
4.2. Разработана концепция механизма закидывания мячей в корзины.

5. Задачи для последующих собраний:

5.1. Собрать устройство для вращения ковша.

5.2. Найти и купить более прочные оси для подъемника.

5.3. Купить еще один алюминиевый профиль для жесткого закрепления мебельных направляющих между собой.



**1.3.9 15.10.14**

1. Время начала и окончания собрания:

17:00 - 21:30

2. Цели собрания:

2.1. Заменить перекладины на подъемнике на более прочные.

2.2. Скрепить попарно направляющие в подъемнике для того, чтобы он ровно раздвигался.

3. Прodelанная работа:

3.1. У нас не было возможности приобрести необходимые ресурсы для доработки подъемника, поэтому сегодня было решено заняться разработкой захвата для мячей в виде вращающейся щетки.

3.2. Передняя часть робота была видоизменена и на ней были поставлены сервопривод свободного вращения с осью, на которой было решено закрепить щетку, в качестве ворсинок которой будут использоваться стяжки.

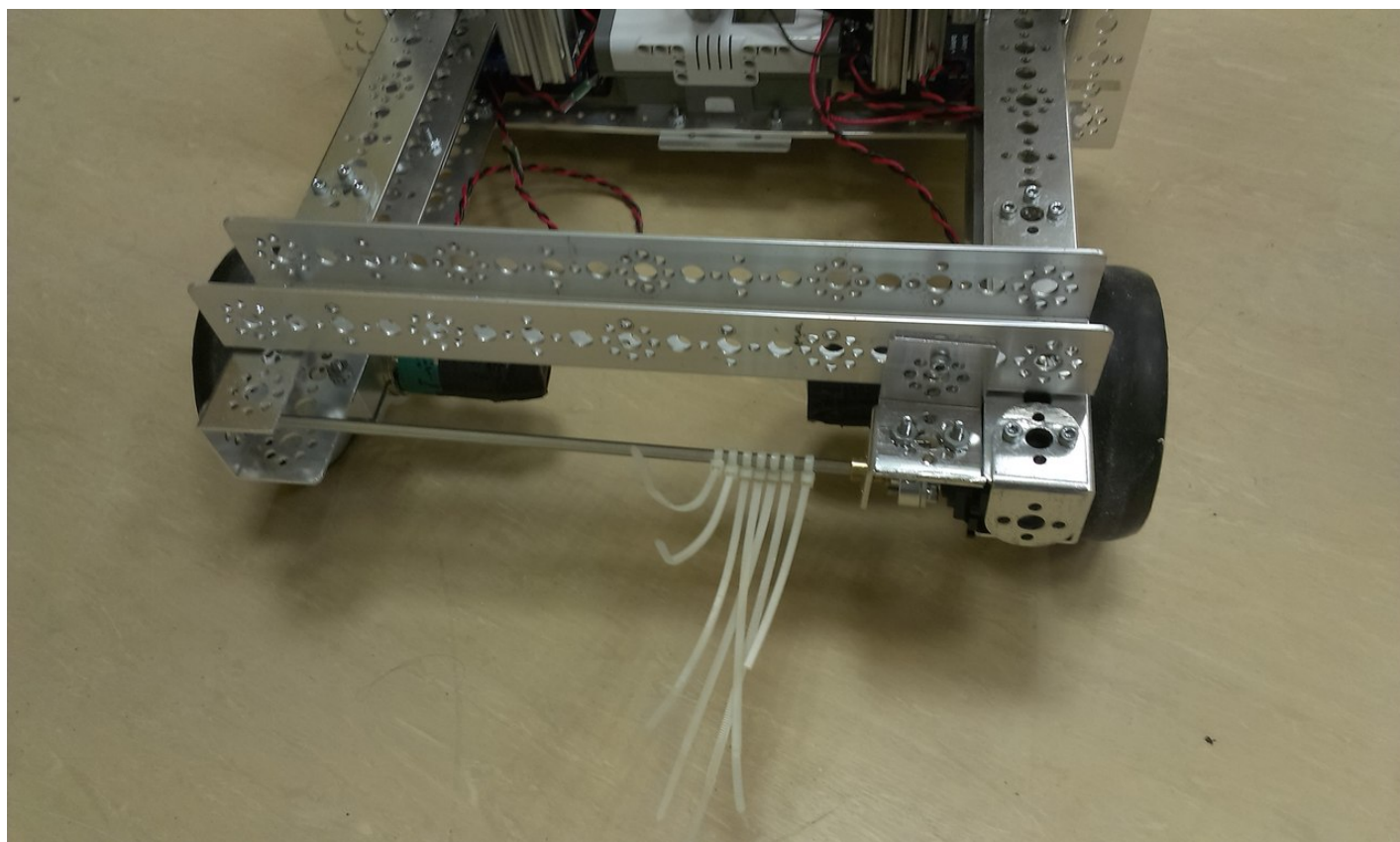


Рис. 15: Механизм захвата

4. Итоги собрания:

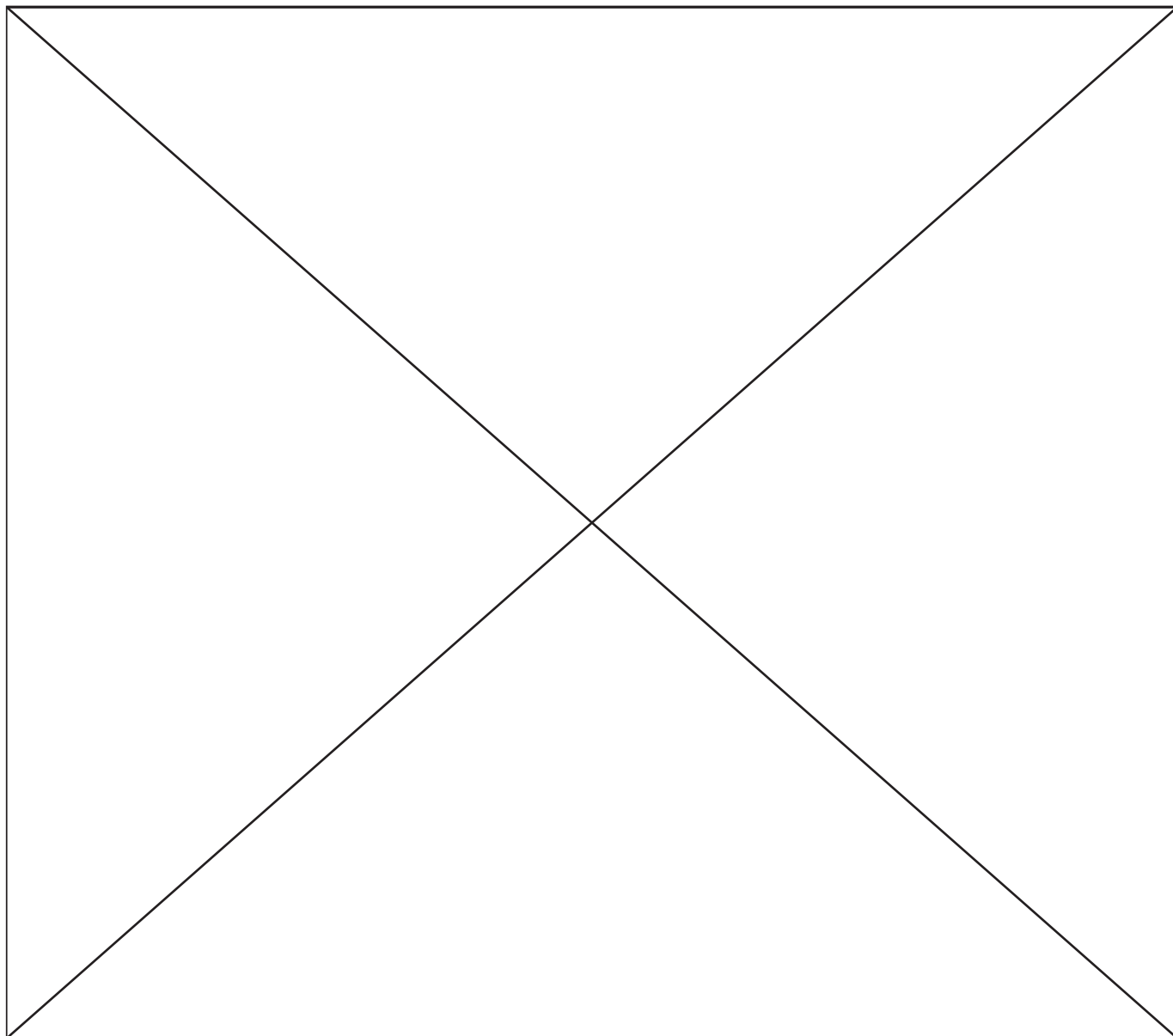
4.1. Создана основа захвата для мячей.

4.2. Доработка подъемника не осуществлена.

5. Задачи для последующих собраний:

5.1. Купить все необходимые ресурсы для доработки подъемника.

5.2. Доделать захват для мячей и написать программу для управления им.



**1.3.10 16.10.14****1. Время начала и окончания собрания:**

17:00 - 21:00

**2. Цели собрания:**

2.1. Подключить контроллер для сервоприводов и подсоединить к нему сервопривод захвата.

2.2. Включить в программу управления роботом управление захватом.

2.3. Доработать подъемник.

**3. Прделанная работа:**

3.1. К сегодняшнему занятию мы приобрели алюминиевую полосу 100 см х 4 см х 0,3 см для создания поперечных балок для попарного скрепления направляющих (далее они будут называться ребрами жесткости) и алюминиевую ось длиной 100 см и диаметром 8 мм для создания перекладин.

3.2. Полоса была распилена на 4 сегмента нужной длины. Для того чтобы установить получившиеся поперечные ребра жесткости на робота, было решено приобрести Г-образный профиль и распилить его на уголки нужного размера.

3.3. Метровой оси хватило на 4 перекладины из необходимых 6. Две из них были закреплены с помощью деталей из набора TETRIX. Для еще одной были просверлены отверстия, однако она не была жестко закреплена. Последнюю ось, предназначенную для самой внутренней пары направляющих, было решено пока не устанавливать: во-первых, мы пока не придумали, как это сделать, а во-вторых это бы осложнило доработку подъемника.

3.4. Нами был установлен контроллер сервоприводов и к нему был подключен сервопривод свободного вращения, отвечающий за захват мячей.



Рис. 16: Перекладины, установленные на робота



Рис. 17: Контроллер сервоприводов

#### 4. Итоги собрания:

- 4.1. Установлен контроллер сервоприводов.
- 4.2. Программа управления сервоприводом не написана.
- 4.3. Алюминиевая полоса распиlena на ребра жесткости, готовые к закреплению на роботе.
- 4.4. Ось распиlena на перекладины.

#### 5. Задачи для последующих собраний:

- 5.1. Купить еще одну алюминиевую ось и напилить из нее оставшиеся перекладины.
- 5.2. Купить Г-образный профиль и сделать из него уголки для закрепления ребер жесткости на подъемнике.





**1.3.11 17.10.14****1. Время начала и окончания собрания:**

17:00 - 20:00

**2. Цели собрания:**

2.1. Написать программу управления захватом и включить ее в программу управления роботом.

**3. Прodelанная работа:**

3.1. Была написана программа управления сервоприводом. По нажатию кнопки привод включается, а после того, как оператор убирает руку с кнопки, он останавливается. Во время испытаний стало понятно, что такая система неудобна для оператора, поскольку ему нужно постоянно держать руку на кнопке. На данный момент все команды подаются с одного джойстика, но впоследствии у первого оператора останутся только обязанности управления движением, а все остальное будет делать оператор №2.

3.2. При испытании тестовой версии захвата на банках (мячей у нас на тот момент не оказалось) выяснилось, что он вместо того, чтобы захватывать их, он их отталкивает. Мы поняли, что стяжки закреплены на оси сервопривода не той стороной и решили их переставить, но пока не стали этого делать.

3.3. Кроме того, было решено перенести переднюю поперечную балку дальше от оси для того, чтобы она не препятствовала движению щеток-стяжек.

3.4. Закреплять стяжки на оси было решено с помощью термоклей, но так как на этом занятии его у нас не было, мы решили отложить все до завтрашнего занятия.

3.5. Было замечено, что ограничители хода мебельных реек не выдерживают массы подъемника и подвижные части реек проваливаются. В связи с этим требуется укрепить данные ограничители без ущерба подвижности мебельных реек.

**4. Итоги собрания:**

4.1. Написана простейшая программа для управления захватом.

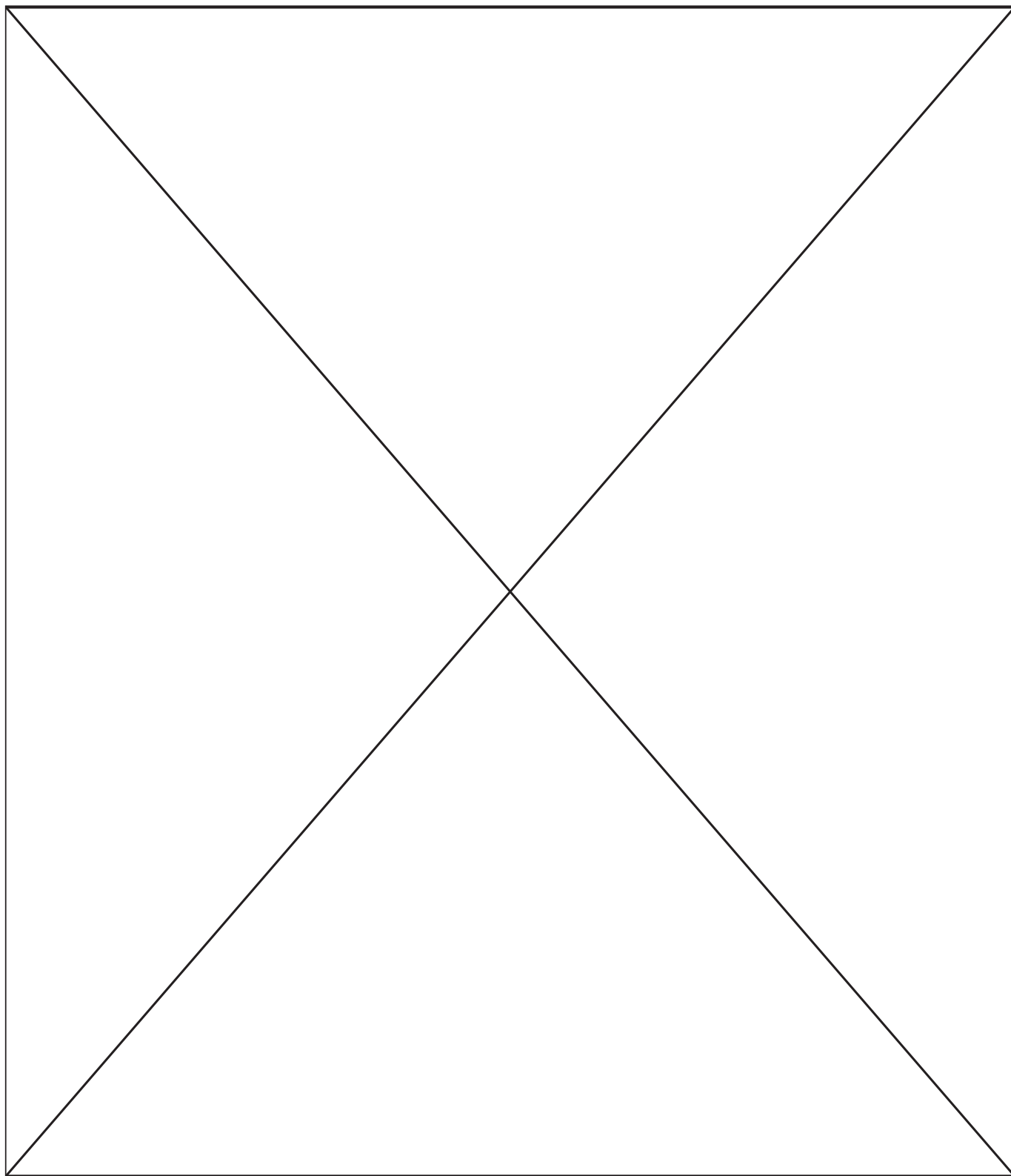
4.2. Захват испытан в действии. Разработаны идеи его усовершенствования.

**5. Задачи для последующих собраний:**

5.1. Создать окончательную версию захвата.

5.2. Изменить программу управления захватом на более удобную.

5.3. Укрепить ограничители хода мебельных реек.



## 1.3.12 18.10.14

## 1. Время начала и окончания собрания:

16:30 - 21:40

## 2. Цели собрания:

2.1. Создать окончательную версию захвата.

2.2. Изменить программу управления захватом на более удобную.

## 3. Прodelанная работа:

3.1. Поперечная балка передвинута дальше от оси вращения захвата.

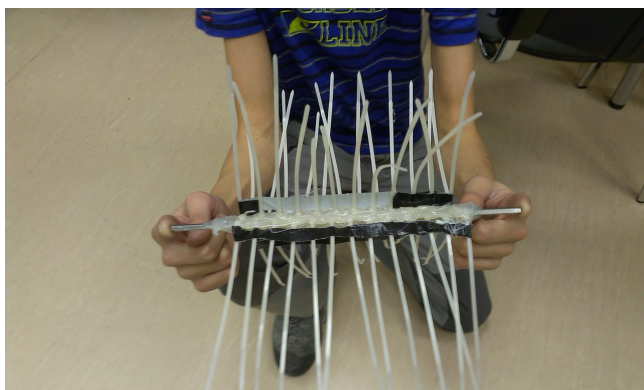
3.2. Стяжки размещены на оси в 4 ряда через каждые  $90^\circ$  и закреплены термоклеем.

Рис. 18: Щетка захвата

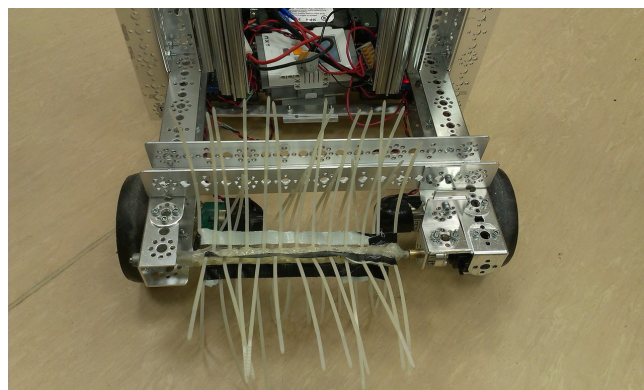


Рис. 19: Окончательная версия механизма захвата мячей

3.3. Программа управления захватом заменена. Теперь сервопривод меняет свое состояние (стоит или работает) по нажатию кнопки. Это позволяет оператору не отвлекаться на поддержание захвата в работающем состоянии.

3.4. Были проведены полноценные испытания захвата с двумя мячами из набора NXT диаметром 5 см. Испытания прошли успешно, робот был способен захватывать мячи, расположенные как на открытом пространстве, так и возле стены. Некоторое неудобство доставлял тот факт, что щетка захвата расположена не вдоль всей передней кромки робота, а только посередине, поэтому для захвата мяча требовалось к нему прицеливаться. Впоследствии мы планируем устранить этот недостаток, установив по бокам от захвата балки, расположенные в виде воронки (далее они будут называться откосами), что позволит шарикам самостоятельно закатываться в область действия захвата.

- 3.5. При программировании сервопривода свободного вращения выяснилось, что при постановке его на нейтраль он стремится удерживать угол, из-за чего начинает дребезжать. Этот баг необходимо исправить.
- 3.6. Во время испытаний было замечено, что робот почти перестал дребезжать при поворотах корпуса. Как оказалось, это произошло по причине того, что большая часть его массы была сконцентрирована в задней части и передние колеса свободно проскальзывали. Это не было сделано специально, но тем не менее это усовершенствование дало в целом положительный результат.
- 3.7. Помимо изначальных задач нами был сконструирован и закреплен на работе механизм для опрокидывания ковша.

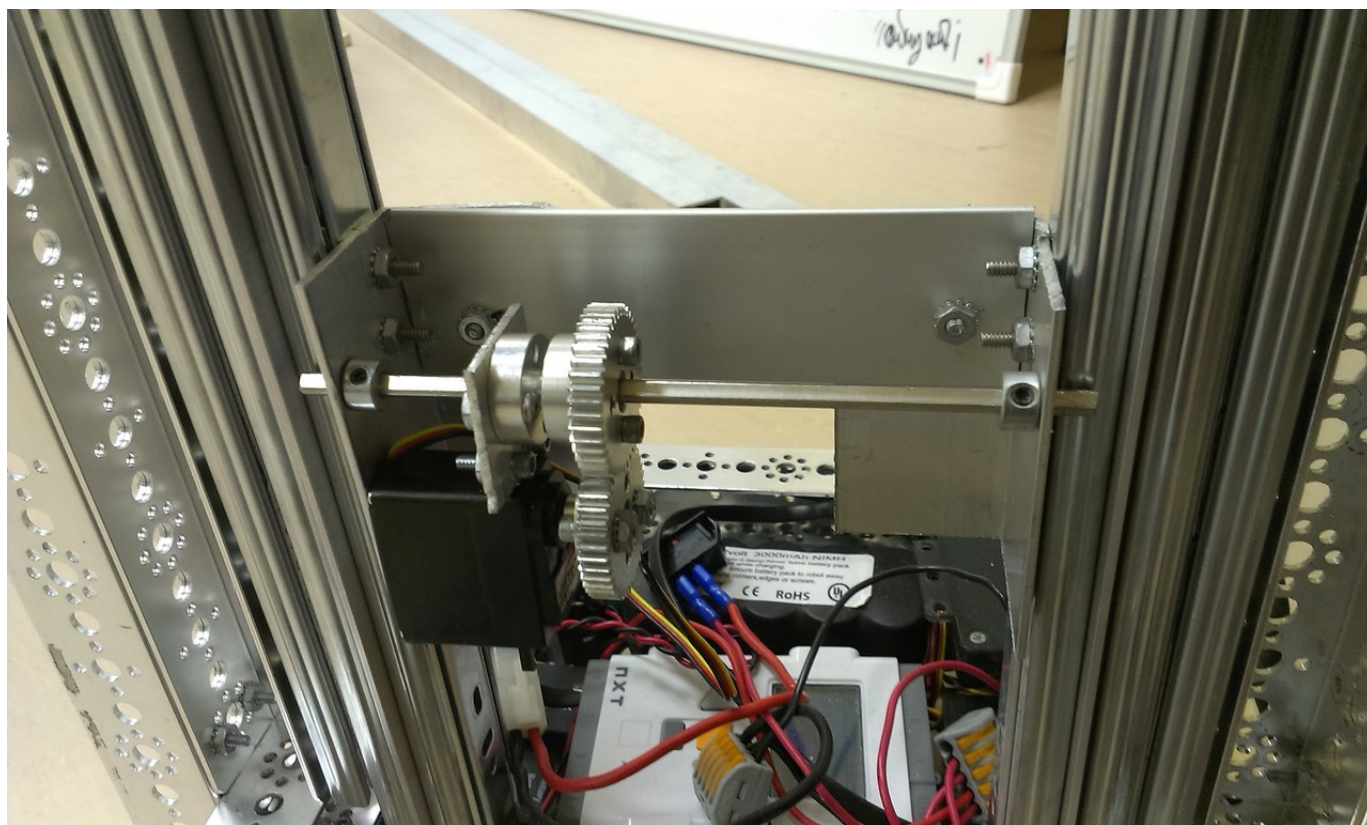


Рис. 20: Механизм для опрокидывания ковша

#### 4. Итоги собрания:

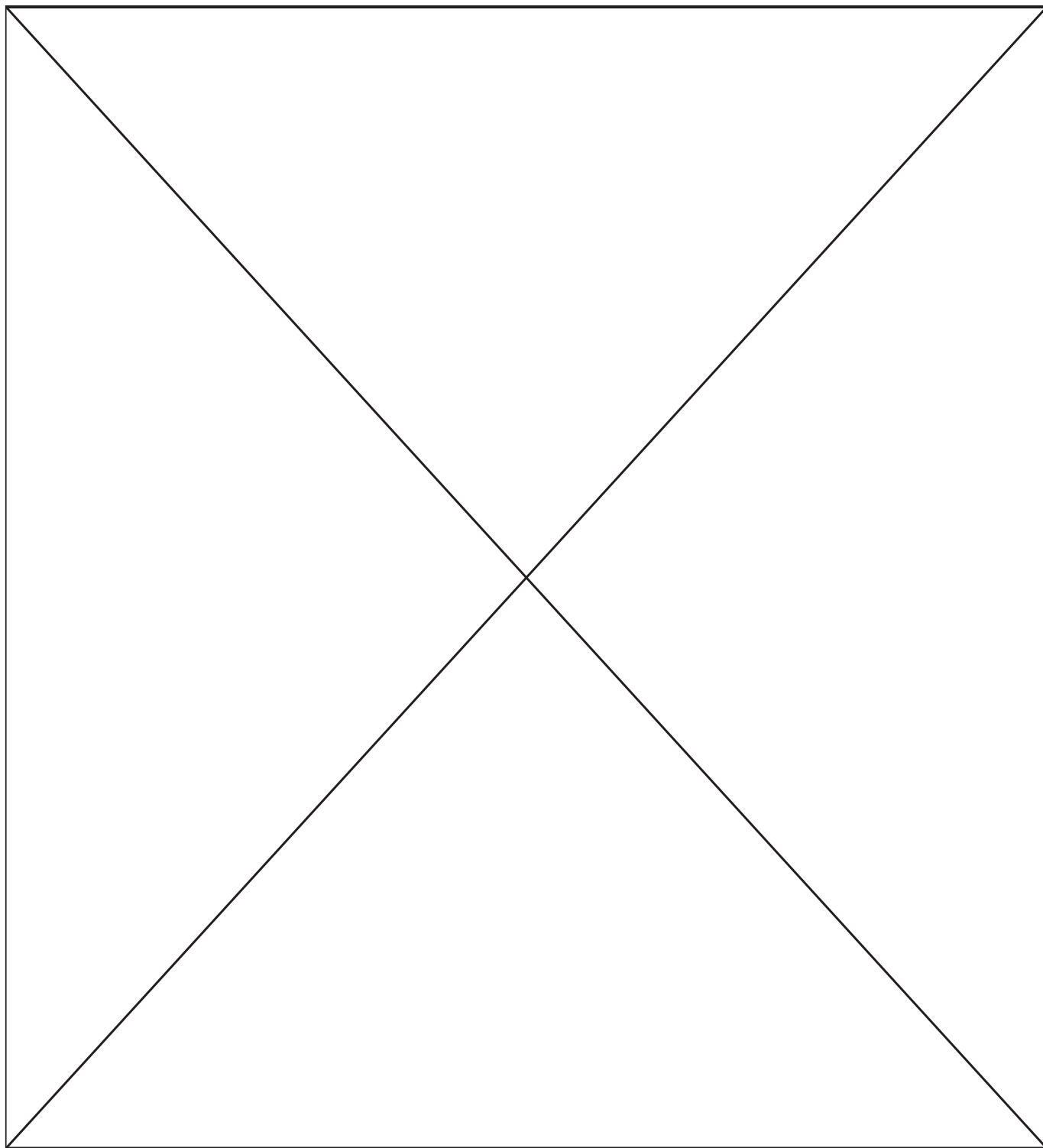
- 4.1. Завершена работа над механизмом захвата.
- 4.2. Создана удобная программа для управления захватом.

#### 5. Задачи для последующих собраний:

5.1. Исправить баг с сервоприводом свободного вращения.

5.2. Укрепить ограничители хода мебельных реек.

5.3. Установить балки помощи захвату.



**1.3.13 20.10.14**

1. Время начала и окончания собрания:  
20:30 - 21:30

2. Цели собрания:

2.1. Устранить баг сервопривода.

2.2. Закрепить ребра жесткости на подъемнике.

3. Прodelанная работа:

3.1. Для устранения бага с сервоприводом мы попробовали сделать так, чтобы перед остановкой он немного прокручивался назад. Однако это ни к чему не привело.

3.2. Приобретенный Г-образный профиль распилен на уголки нужной длины.

3.3. Ребра жесткости для подъемника изготовлены. Одно из них установлено на работа.

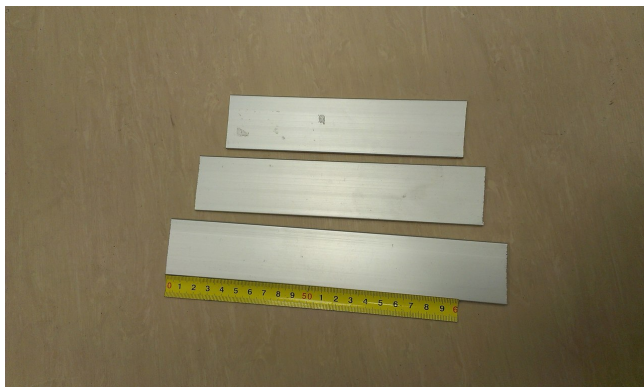


Рис. 21: Ребра жесткости

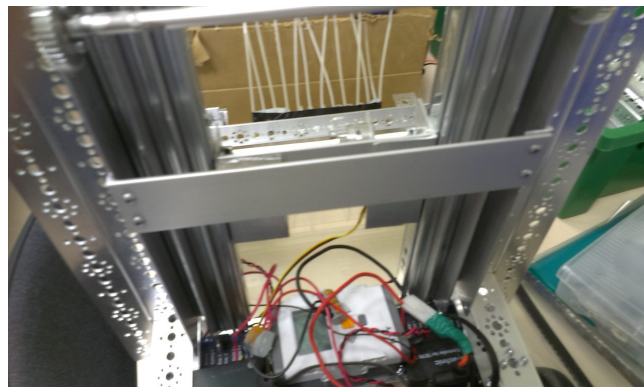


Рис. 22: Ребро жесткости, установленное на работа

3.4. Сегодня до нас дошли сведения, что 21 – 23 ноября будут проводиться соревнования ФТС в Сочи. На общекomандном собрании было решено, что мы будем принимать в них участие. До среды каждый участник команды должен будет дать ответ, сможет ли он поехать в Сочи.

4. Итоги собрания:

4.1. Баг сервопривода не устранен.

4.2. Все готово для закрепления ребер жесткости на направляющие подъемника.

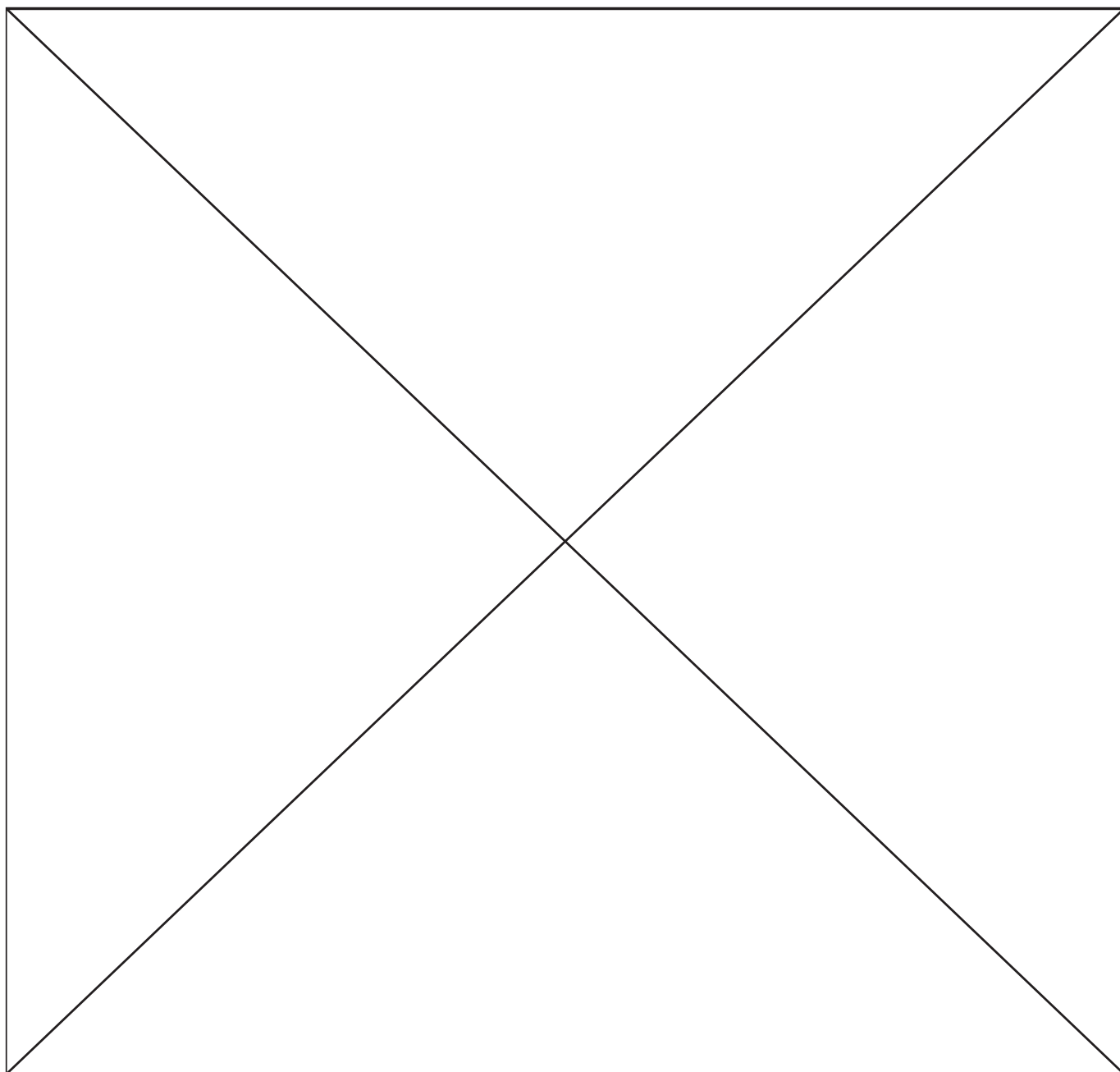
4.3. Одно ребро жесткости установлено.

5. Задачи для последующих собраний:

5.1. Закончить закрепление ребер жесткости на подъемник.

5.2. Устранить баг сервопривода.

5.3. Решить до среды, каким составом наша команда поедет в Сочи.





**1.3.14 21.10.14****1. Время начала и окончания собрания:**

17:00 - 19:00

**2. Цели собрания:**

2.1. Еще раз обдумать стратегию автономного и финального периодов и в случае необходимости внести поправки.

2.2. Закончить установку ребер жесткости на направляющие подъемник.

2.3. Установить нижние ограничители для мебельных реек.

**3. Прделанная работа:**

3.1. Ребра жесткости установлены на подъемник.

3.2. Устранена проблема проваливания реек путем укрепления стандартных ограничителей термоклеем.

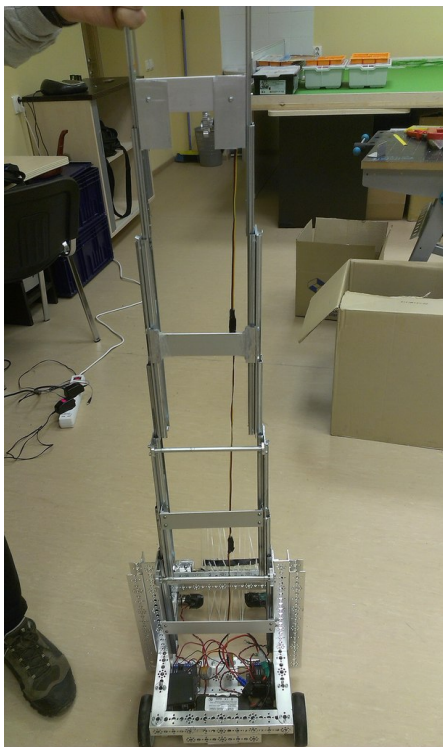


Рис. 23: Ребра жесткости установлены на работа

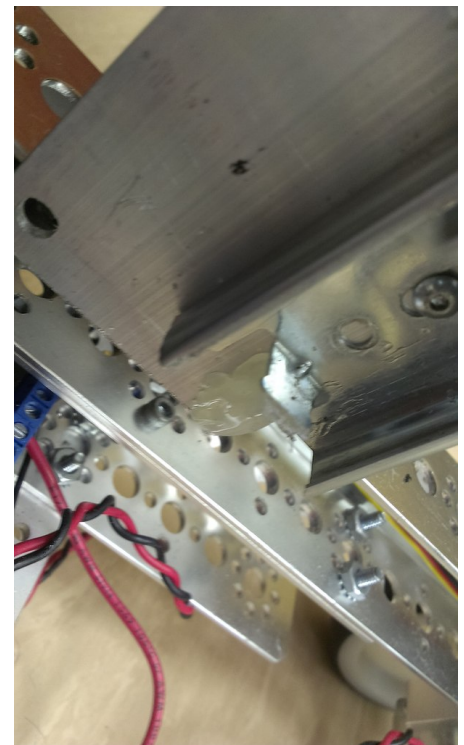


Рис. 24: Ограничители хода мебельных реек укреплены термоклеем



- 3.3. Была еще раз обдумана стратегия автономного и финального периодов. Поправок внесено не было.
- 3.4. В конце собрания произошла поломка одной из мебельных реек (выскочила верхняя часть). Это необходимо исправить.



Рис. 25: Поломанная мебельная рейка (справа)

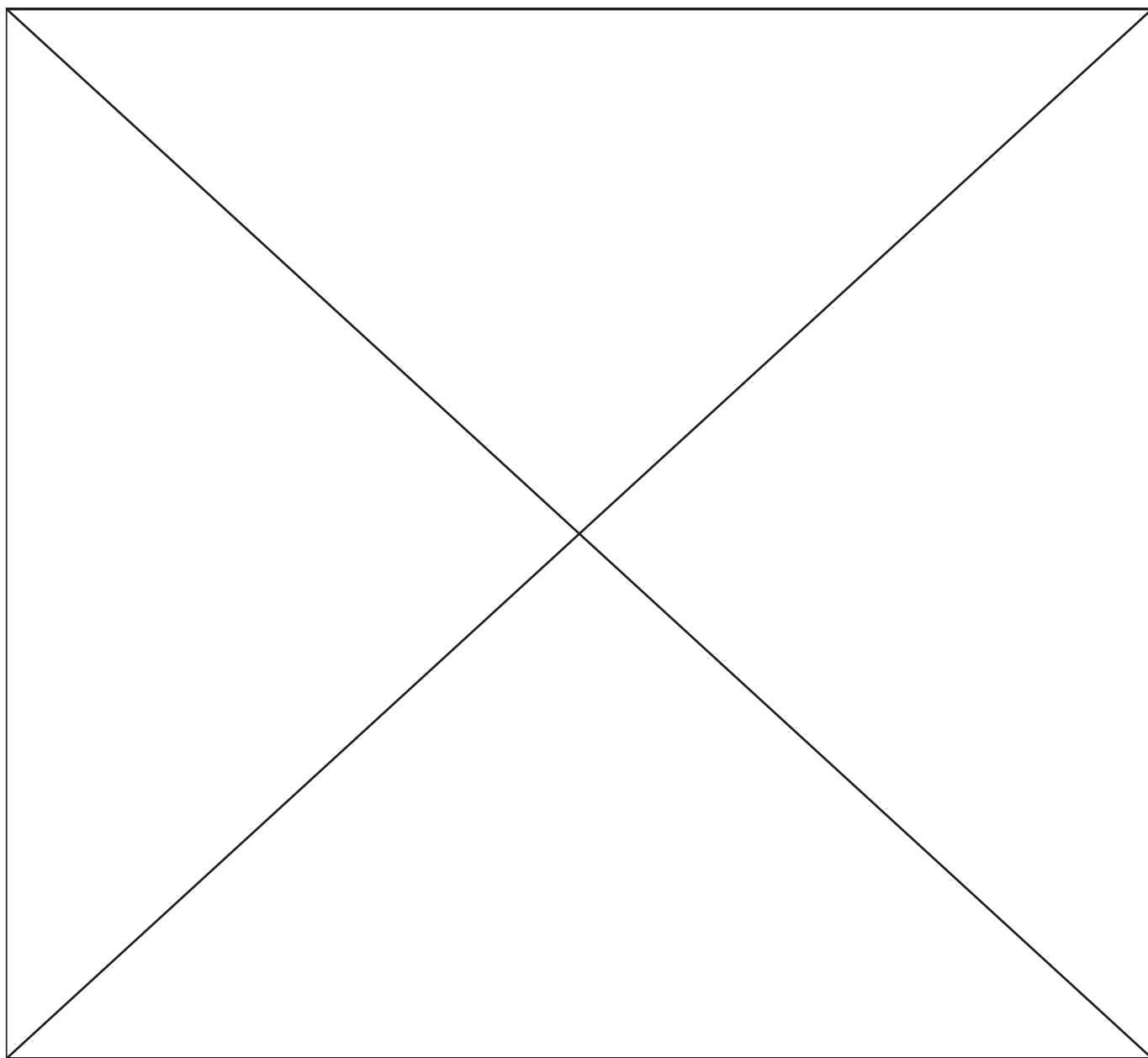
4. Итоги собрания:

4.1. Все ребра жесткости установлены.

4.2. Установлены нижние ограничители мебельных реек.

5. Задачи для последующих собраний:

5.1. Исправить поломку рейки, понять в чем ее причина и как этого избежать в дальнейшем.



**1.3.15 22.10.14****1. Время начала и окончания собрания:**

18:00 - 21:40

**2. Цели собрания:**

2.1. Разобраться, в чем причина поломки направляющей.

2.2. Отремонтировать направляющую.

2.3. Понять, каким образом можно не допустить подобной поломки в дальнейшем.

**3. Прodelанная работа:**

3.1. После тщательного исследования конструкции подъемника было выяснено, что поломка произошла вследствие создания избыточного напряжения из-за стягивания двух направляющих друг с другом поперечным ребром жесткости. Было решено увеличить расстояние между двумя соответствующими направляющими, заменив прослойку между ребром жесткости и направляющими с шайб на более толстые гайки.

3.2. Починить мебельную рейку не удалось, поэтому она была заменена на точно такую же, оставшуюся после отказа от лишней пары реек при создании подъемника.

3.3. После того, как ребро жесткости было закреплено на работе так, что прослойки из гаек были поставлены с обеих сторон, было обнаружено, что теперь направляющие слишком сильно распираются поперечной балкой. Тогда было решено оставить гайки только с одной стороны, в то время как с другой вернуть изначальную прослойку из шайб. После этого было достигнуто состояние, в котором направляющие не испытывают негативного поперечного воздействия.

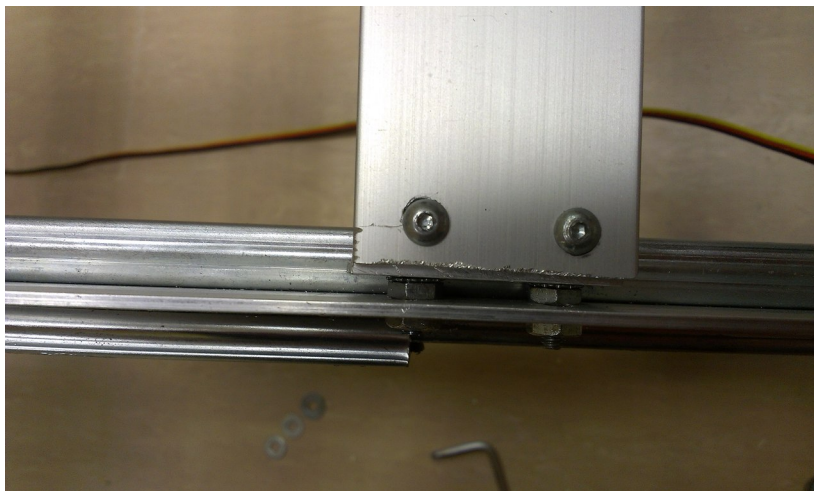


Рис. 26: Прослойка между ребром жесткости и направляющей

- 3.4. Не смотря на то, что проблема была устранена, на всякий случай было решено приобрести запасные направляющие, поскольку сломанные рейки уже не поддаются восстановлению.
- 3.5. Помимо всего прочего, было создано крепление для перекладины, которая будет располагаться на внутренней паре реек.



Рис. 27: Крепление для внутренней перекладины

#### 4. Итоги собрания:

- 4.1. Ремонт подъемника выполнен.
- 4.2. Создано крепление для внутренней рейки.

#### 5. Задачи для последующих собраний:

- 5.1. Приобрести запасные мебельные рейки.



**1.3.16 24.10.14****1. Время начала и окончания собрания:**

16:00 - 20:00

**2. Цели собрания:**

2.1. Устарнить баг сервопривода.

2.2. Изготовить из приобретенного нами листа алюминия и установить откосы для мячей в виде балок, расположенных в форме воронки в передней части робота.

**3. Прodelанная работа:**

3.1. Баг сервопривода устарнен. Причина его возникновения - вращение сервопривода после остановки с небольшой скоростью, которой не хватало на преодоление силы упругости стяжек. Связано это с неправильным значением мощности сервопривода в коде (значение, в котором сервопривод не вращается - 127 вместо стоявшего у нас 135).

3.2. Лист алюминия распилен на полосы нужной длины и ширины.

3.3. Откосы установлены на робота и протестированы. Результат положительный.

3.4. При тестировании откосов было замечено, что при столкновении с жестким препятствием они изгибаются. Для предотвращения этого были установлены упоры выпиленные из алюминиевой полосы.

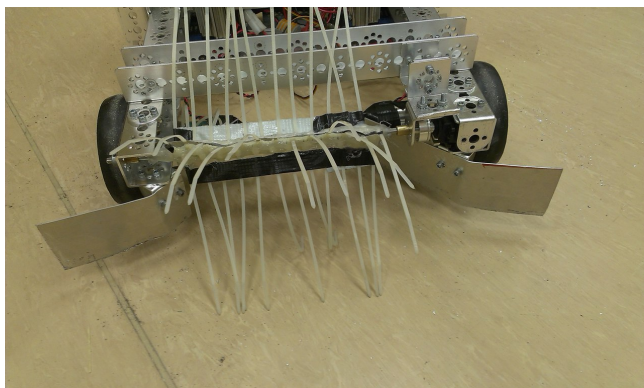


Рис. 28: Захват с откосами

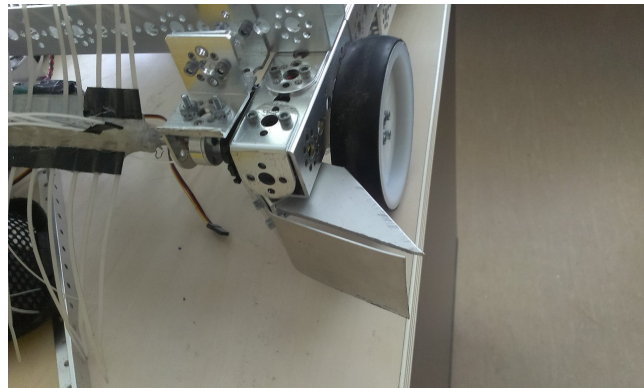


Рис. 29: Откосы укреплены упорами

3.5. Подготовлены отверстия для установки оставшейся пары поперечных перекладин на подъемнике.

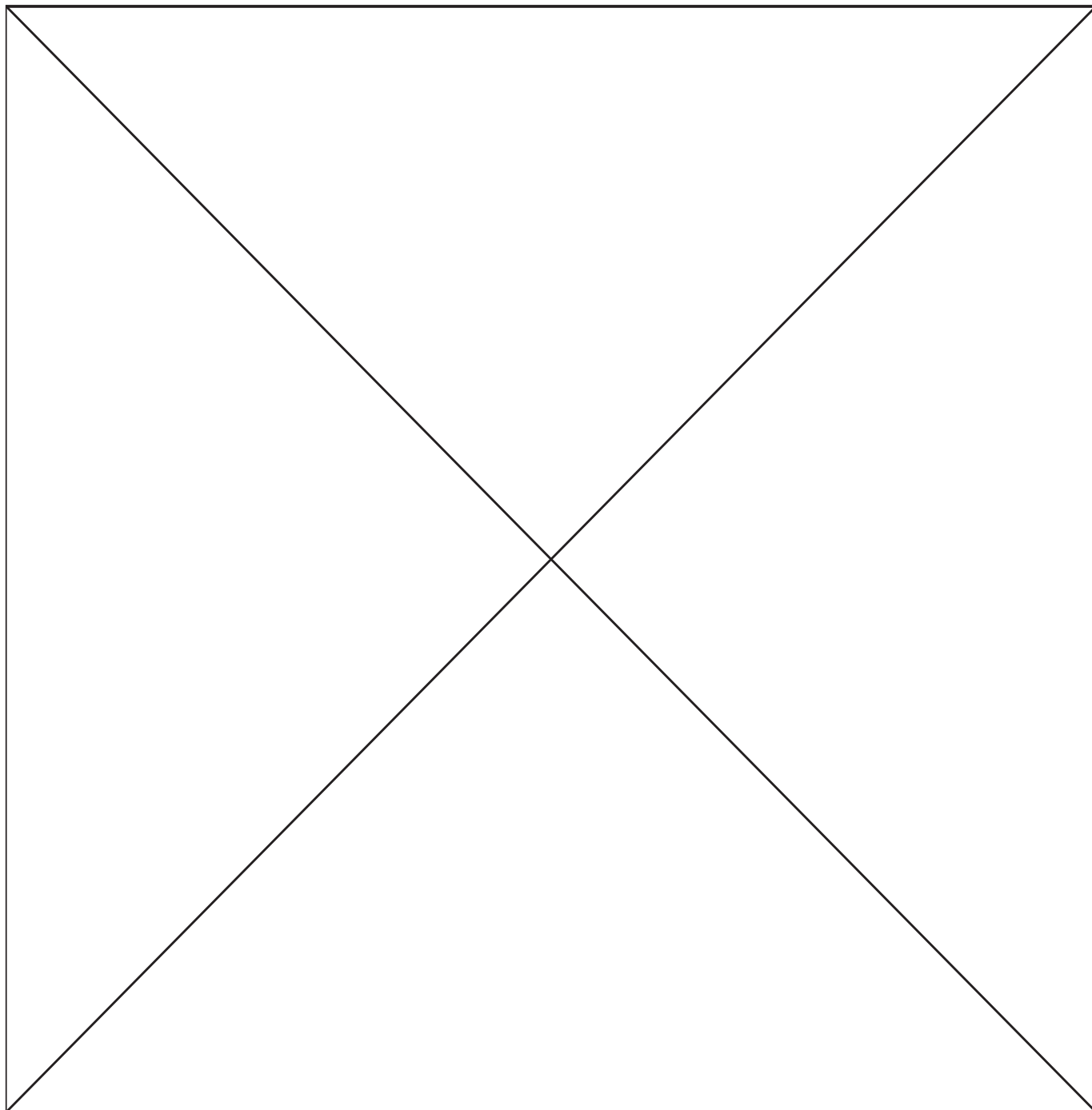
**4. Итоги собрания:**

4.1. Баг сервопривода устранен.

4.2. Откосы для мячей установлены на работа.

5. Задачи для последующих собраний:

5.1. Спроектировать и создать механизм захвата передвижных корзин.





**1.3.17 25.10.14**

1. Время начала и окончания собрания:  
16:00 - 20:00

2. Цели собрания:

2.1. Спроектировать и собрать механизм захвата передвижных корзин.

3. Прделанная работа:

3.1. Было рассмотрено 2 варианта исполнения механизма захвата передвижных корзин:

3.1.1. Сервопривод, к которому прикреплен один конец балки, и при вращении сервопривода балка поворачивается и опускается.

3.1.2. К заднему краю корпуса робота прикреплена мебельная рейка, соединенная с сервоприводом через леску и опускающаяся при его вращении.



Рис. 30: Идеи для механизма захвата передвижных корзин

3.2. Предпочтение было отдано второму в силу его большей компактности.

3.3. Мебельная рейка была распиlena для уменьшения ее длины.



Рис. 31: Укороченная мебельная рейка

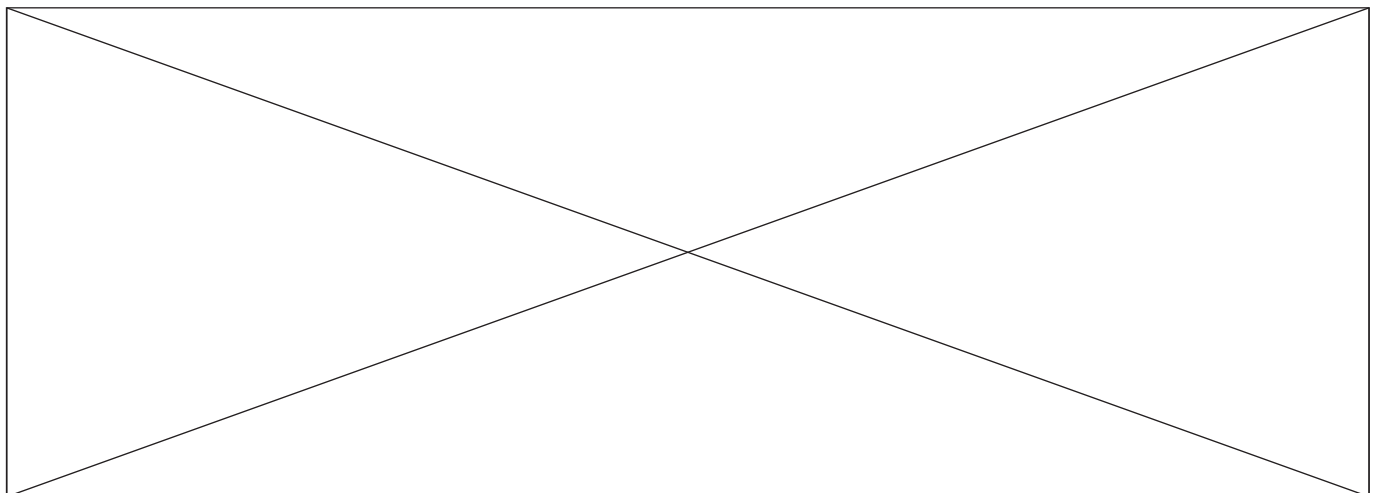
3.4. На рейке размечены места для сверления отверстий под крепеж. Сам отверстия просверлены не были ввиду отсутствия на занятии дрели.

4. Итоги собрания:

4.1. Механизм захвата корзин спроектирован, но не установлен.

5. Задачи для последующих собраний:

5.1. Закончить создание механизма захвата корзин.





**1.3.18 27.10.14**

## 1. Время начала и окончания собрания:

18:00 - 19:00

## 2. Цели собрания:

2.1. Закончить работу над механизмом захвата передвижных корзин.

2.2. Совместно обсудить техническую книгу, внести поправки.

## 3. Прodelанная работа:

3.1. От механизма захвата корзин с мебельной рейкой было решено отказаться из-за сложной реализации необходимости занижения клиренса (для опускания рейки с помощью лески необходимо поставить ось, через которую будет идти леска, в нижней части робота).

3.2. Была обсуждена техническая книга и внесены необходимые поправки.

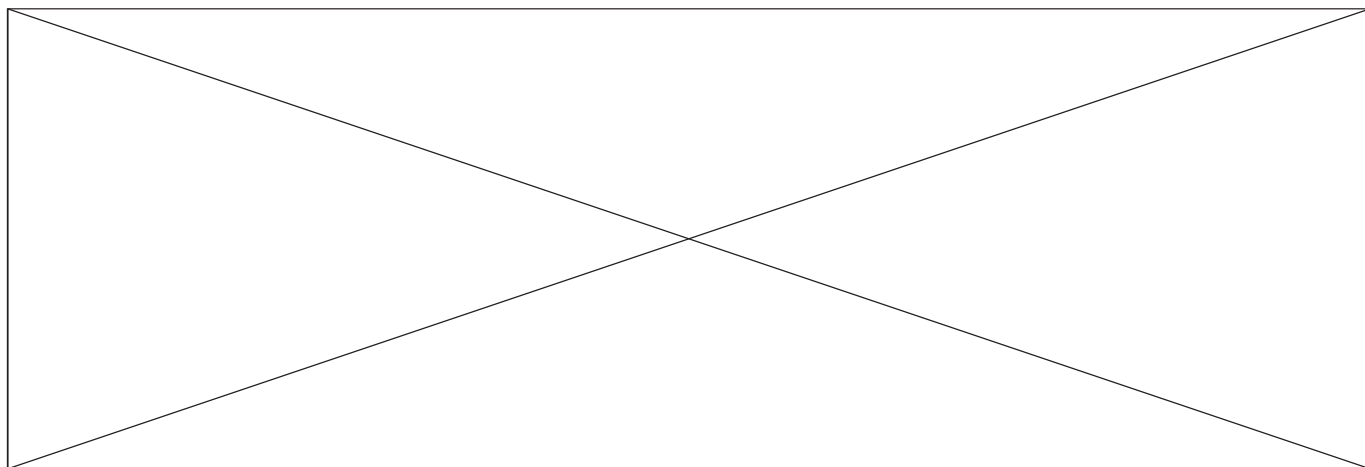
## 4. Итоги собрания:

4.1. Механизм захвата корзин решено изменить.

4.2. Внесены необходимые поправки в техническую книгу.

## 5. Задачи для последующих собраний:

5.1. Закончить работу над механизмом захвата корзины.



**1.3.19 28.10.14**

1. Время начала и окончания собрания:

17:00 - 19:00

2. Цели собрания:

2.1. Закончить работу над механизмом захвата корзин.

3. Прделанная работа:

3.1. Сервопривод, который вращает балку должен быть закреплен как можно ниже для максимальной точности захвата.

3.2. Решено было закрепить сервопривод следующим образом:просверлить в балке в задней части робота отверстие диаметром с вал сервопривода для того, чтобы разместить сервопривод так, чтобы он не выходил за пределы корпуса робота (иначе робот не укладывался бы в регламентированные размеры) и в то же время мог свободно вращаться.

3.3. Отверстие было просверлено.



Рис. 32: Сервопривод



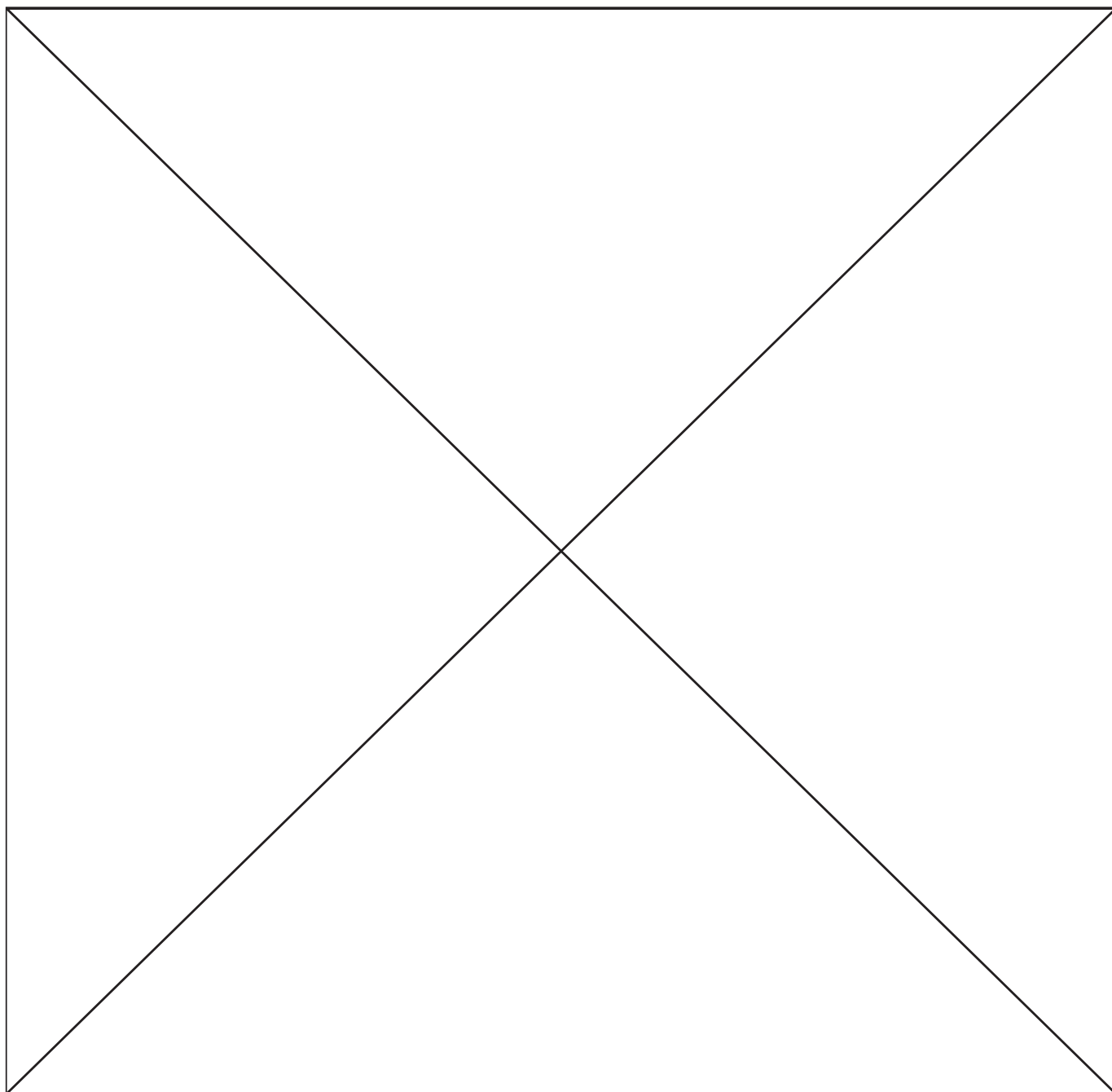
Рис. 33: Отверстие для сервопривода

4. Итоги собрания:

4.1. Придуман и частично реализована схема закрепления сервопривода для механизма захвата корзин.

5. Задачи для последующих собраний:

5.1. Закончить работу над механизмом захвата корзин.



**1.3.20 01.11.14****1. Время начала и окончания собрания:**

16:00 – 21:40

**2. Цели собрания:**

2.1. Закрепить отвалившееся на предыдущем занятии ребро жесткости.

2.2. Установить 2 оставшиеся перекладины на подъемник.

2.3. Закрепить ремень на подъемнике.

2.4. Испытать подъемник.

**3. Прodelанная работа:**

3.1. Ребро жесткости было решено закрепить не на термоклей, поскольку такое крепление недостаточно прочно, а на болты. В связи с этим его пришлось закрепить выше остальных ребер для того, чтобы шляпки болтов не мешали движению подъемника.

3.2. Две оставшиеся перекладины были закреплены в отверстиях, просверленных ранее, и зафиксированы термоклеем.

3.3. Для испытания подъемника в действии, на нем был закреплен ремень. На данный момент он был закреплен узлом, однако для окончательной версии его будет необходимо зафиксировать иначе: сделать петлю, которая будет держаться за последнюю перекладину и прошить ее с помощью ниток.

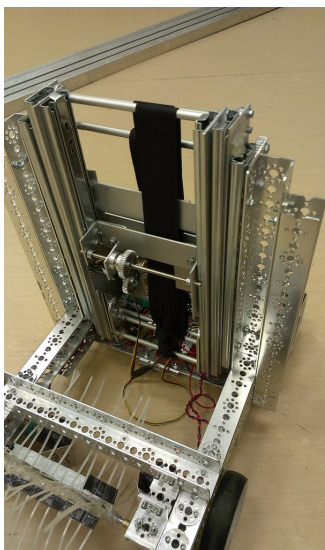


Рис. 34: Подъемник завершен

- 3.4. При испытании подъемника путем вытягивания ремня руками, было выяснено, что раздвигание подъемника требует некоторых усилий, с которыми 2 привода должны справиться. Складывание подъемника проходило сложнее, поскольку внутренняя пара реек не опускалась под действием своего веса. Было решено, что если после установки на эту пару реек ковша она все равно не будет опускаться, мы дополнительно утяжелим ее. Кроме того, мы надеялись решить проблемы со складыванием подъемника, уменьшив трение ремня об перекладину. К сожалению, нами пока не было найдено подходящей детали для осуществления этого замысла.
- 3.5. На робота были установлены приводы для раздвигания подъемника (далее механизм раздвигания подъемника будет называться лебедкой).
- 3.6. Из-за того, что подъемник опускался внутрь робота, под ним не осталось места для NXT-блока, и его было необходимо переместить в другое место. Куда переместить NXT-блок, решено пока не было.

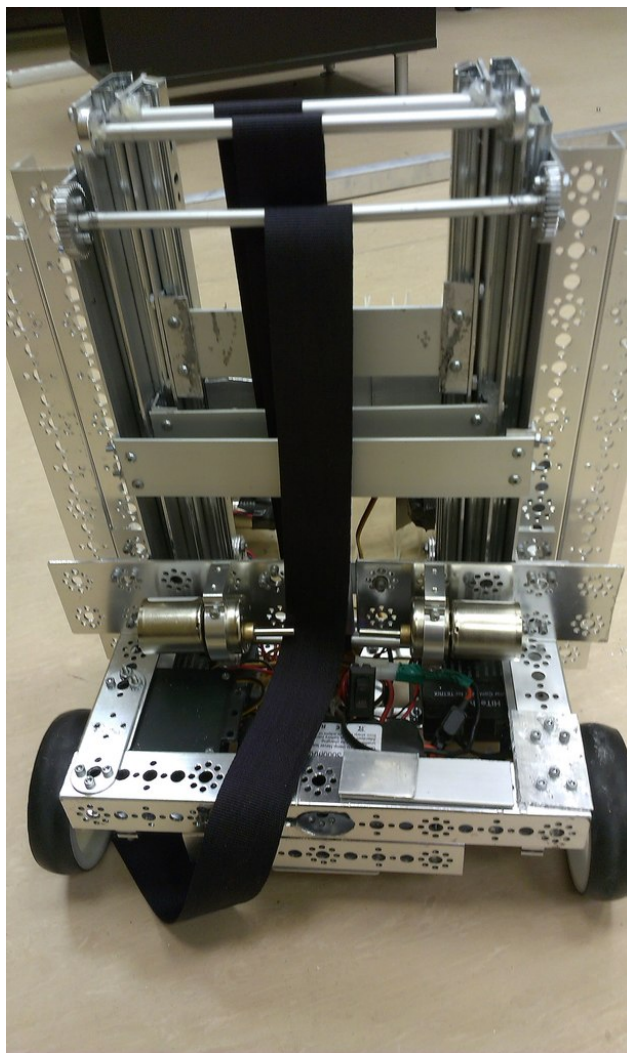


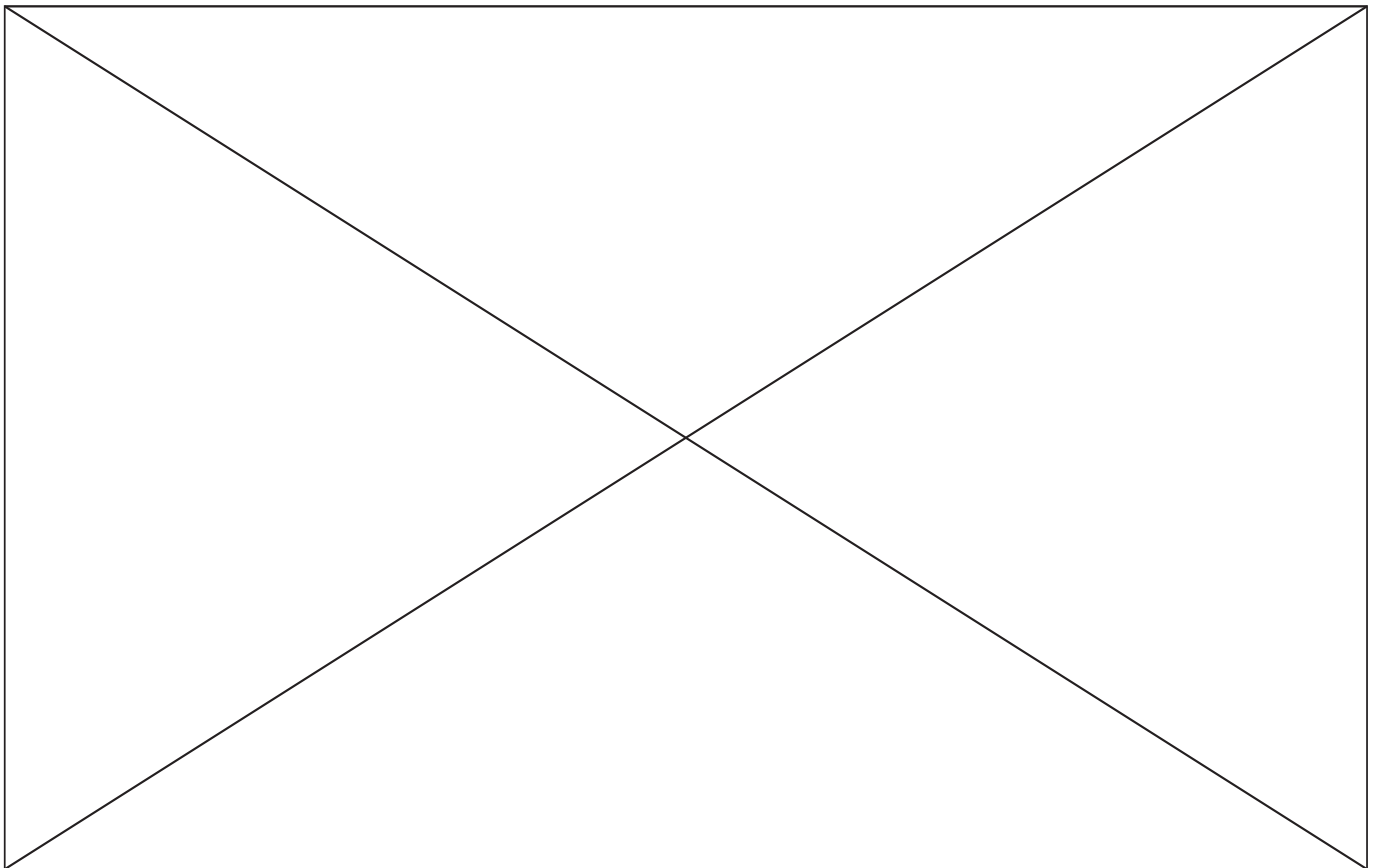
Рис. 35: Приводы для раздвигания подъемника

4. Итоги собрания:

- 4.1. Ребро жесткости установлено.
- 4.2. Механизм подъемника завершен.
- 4.3. Подъемник испытан в тестовом режиме.
- 4.4. Начата установка механизма лебедки.

5. Задачи для последующих собраний:

- 5.1. Завершить работу над механизмом лебедки.
- 5.2. Установить драйвер приводов для лебедки.
- 5.3. Закрепить ремень с помощью ниток.
- 5.4. Переместить NXT-блок на новое место.



**1.3.21 03.11.14****1. Время начала и окончания собрания:**

14:00 – 21:40

**2. Цели собрания:**

2.1. Завершить работу над механизмом лебедки.

2.2. Установить драйвер приводов для лебедки.

2.3. Написать программу для управления лебедкой.

2.4. Закрепить ремень с помощью ниток.

**3. Прodelанная работа:**

3.1. Драйвер приводов был установлен на робота.

3.2. Приводы были соединены между собой катушкой, на которую будет наматываться ремень.

3.3. Ремень был надежно пришит к последней перекладине с одной стороны и к катушке лебедки с другой.

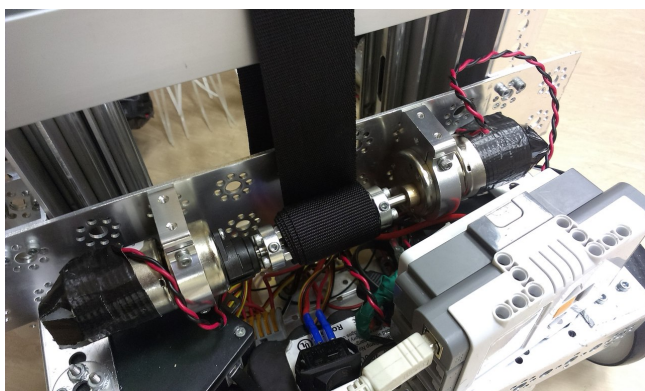


Рис. 36: Лебедка



Рис. 37: Ремень закреплен нитками

3.4. Для испытания подъемника была написана простейшая программа, позволявшая лебедке вращаться с максимальной скоростью в каждую сторону либо стоять неподвижно. Движение лебедки контролировалось с помощью правого аналогового датчика.

3.5. Во время испытания подъемника было обнаружено, что валы приводов расположены не соосно, из-за чего в процессе работы вся конструкция лебедки ужасно шаталась. Несмотря на это, лебедка была в состоянии раздвигать подъемник. Тем не менее, было

решено изменить конструкцию лебедки таким образом, чтобы катушка располагалась на отдельной оси, усилие на которую передавалось бы с приводов через шестеренки с передаточным отношением 1:1. Это позволило бы устранить проблемы, связанные с несоосным расположением валов приводов.

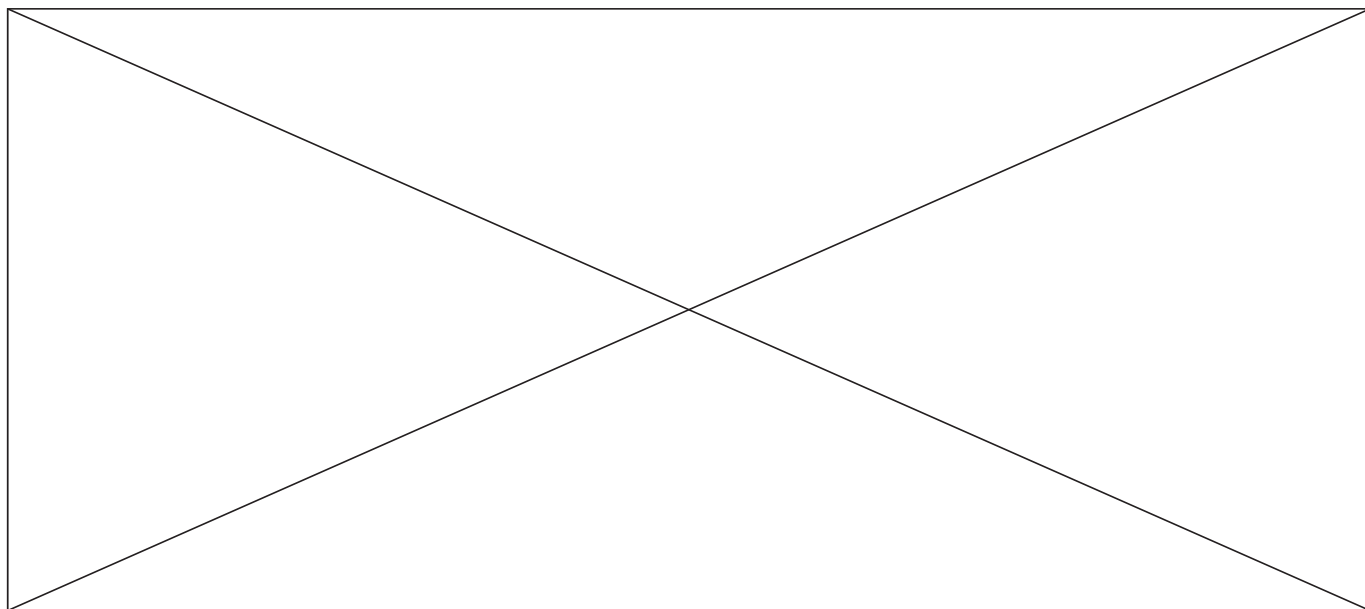
- 3.6. Для того, чтобы лебедка не сломала подъемник, продолжая работать после того, как он раздвинется на максимальную высоту, было решено установить ограничения на ее движение. Для этого было решено на следующем занятии установить на один из приводов лебедки энкодер и написать программу, считывающую его показания и устанавливающую нижнюю и верхнюю границы движения лебедки.

#### 4. Итоги собрания:

- 4.1. Драйвер приводов установлен на работа.
- 4.2. Ремень надежно закреплен на механизме подъемника и лебедки.
- 4.3. Проведены испытания лебедки. Выяснено, что два привода имеют достаточно мощности для раздвигания подъемника.

#### 5. Задачи для последующих собраний:

- 5.1. Переделать конструкцию лебедки так, чтобы она была более надежной.
- 5.2. Подсоединить энкодер к одному из приводов лебедки и добавить в программу ограничения движения лебедки.





**1.3.22 04.11.14****1. Время начала и окончания собрания:**

14:00 – 20:30

**2. Цели собрания:**

2.1. Переделать конструкцию лебедки.

2.2. Подсоединить энкодер к одному из приводов лебедки.

2.3. Добавить в программу управления лебедкой ограничения ее движения.

**3. Прodelанная работа:**

3.1. Механизм лебедки был изменен в соответствии с идеями, выдвинутыми на предыдущем занятии.

3.2. Энкодер был установлен на левый привод лебедки.



Рис. 38: Окончательная версия механизма лебедки



Рис. 39: Энкодер

3.3. В программу были добавлены ограничения движения лебедки. Таким образом, если показания энкодера превышали допустимое значение, лебедка автоматически останавливалась.

3.4. Испытания лебедки прошли успешно. Новая конструкция лебедки была надежна и не имела никаких проблем с раздвиганием подъемника.

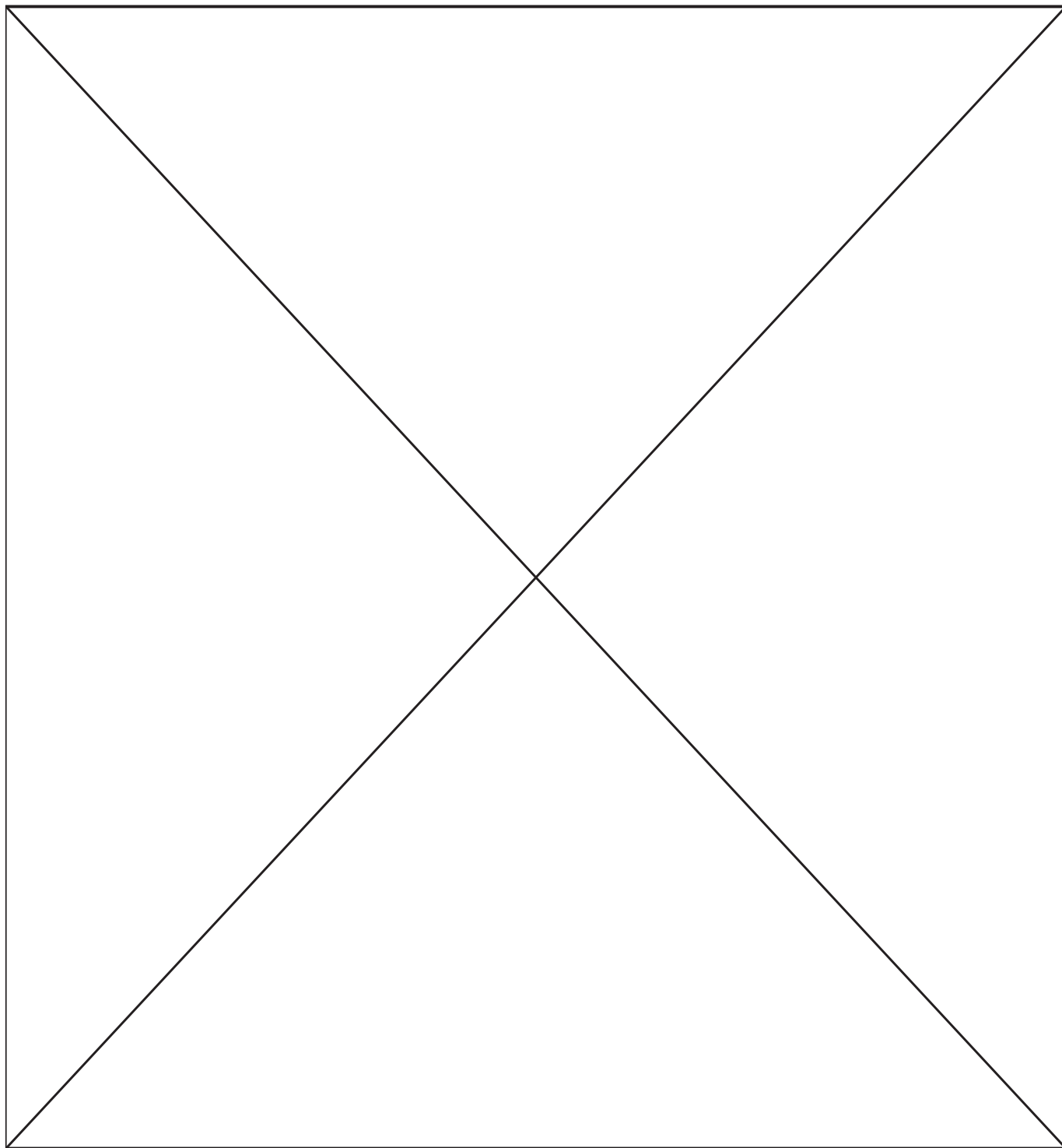
**4. Итоги собрания:**

4.1. Работа над механизмом лебедки завершена.

4.2. Испытания лебедки прошли успешно.

5. Задачи для последующих собраний:

5.1. Продолжить работать над механизмами ковша и захвата корзин.



## 2 Перспективы развития и благодарности

Нам очень понравилось заниматься интересным и нестандартным проектом, подразумевающим помимо технической части еще и работу в команде с новыми, новыми нам людьми, которые исповедуют общие ценности дружбы и взаимопонимания.

Наша команда планирует и дальше заниматься робототехникой, ставя себе все новые и новые цели для развития. Этот год первый, когда мы занимаемся FTS, так что, возможно, мы будем заниматься этим и на следующий год. Если мы не сможем реализовать себя в этом году, в следующем мы обязательно учтем все наши ошибки и проявим себя гораздо лучше.

В любом случае мы готовы узнавать и открывать для себя новое, самосовершенствоваться и выделяться из толпы вечно всем довольных ленивых людей, не желающих ничего менять в своей жизни. Каждый из нас еще точно не знает, что ждет его в будущем, кем он станет и чем будет заниматься, но все мы твердо уверены, что опыт, приобретенный в этом году за время соревнований, не пройдет даром.

Большое спасибо компании FIRST за организацию мероприятия такого масштаба, участниками которого нам посчастливилось побывать, мы ценим эту блестящую возможность испытать свои силы и научиться чему-то новому, желаем им успеха и процветания.

Искренне ваша, команда ФМЛН№30 Санкт-Петербург