

The background is a light blue color filled with intricate white line drawings of mechanical parts and structures. In the center, there is a large, stylized gear. A yellow pencil is positioned diagonally across the gear, pointing towards the top right. The overall aesthetic is technical and industrial.

PORTFOLIO

UJLT

17517 WOJEN

UNPRECEDENTED LUMINOUS THING

Наша команда



Капитан и главный программист – Егор

- Роль: организация структуры кода и разработка алгоритма управления колёсной базой, распределение задач в команде.
- Цели на сезон: Углублённая работа с камерой и исследование новых алгоритмов движения.



Главный инженер и глава медиа – Владимир

- Роль: разработка лифта и базы робота, техническая документация, создание сайта и форума, организация встреч.
- Цели на сезон: совершенствование навыков работы с параметрами и компонентами в Fusion 360; изучение FEA анализа.



Инженер – Дмитрий

- Роль: разработка и оптимизация выдвигного трансфера и захвата, обеспечение их надежной работы на встречах.
- Цели на сезон: освоение Fusion 360 для создания и доработки сложных механизмов, гарантирующих стабильную работу.



Инженер – Михаил

- Роль: разработка системы захвата, обсуживание робота на встречах.
- Цели на сезон: углубленное изучение возможностей Fusion 360 и повышение качества моделей за счет их использования



Медиа – Фёдор

- Роль: помощь с организацией встреч, работа с камерой на встречах, скаутинг.
- Цели на сезон: изучить образовательную программу Лиги Инженеров, научиться находить внешних наставников.



Программист – Максим

- Роль: разработка конечных автоматов, систем логирования и реализация кода управления лифтом.
- Цели на сезон: изучение языка Java и совершенствование навыков работы с библиотекой RoadRunner

Логистика

1. Цели

Команда

- Использовать параллельное моделирование
- Проводить занятие 2 раза в неделю и в дополнительные дни

Сообщество

- Развивать сообщество Лиги инженеров
- Найти новых наставников
- Запустить свой форум

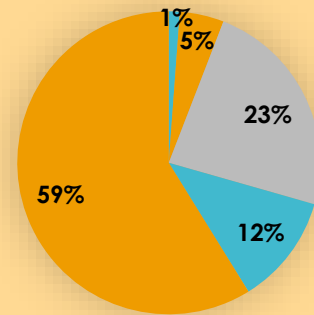
Робот

- Изучить FEA анализ и компоненты
- Создать свой алгоритм прямого преследования
- Использовать SLA печать

2. Финансы команды и её спонсоры

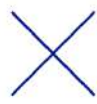
Категория	Сумма (₽)	Источник
Ежемесячный бюджет	50 000	НПО "StarLine"
Годовой бюджет	400 000	НПО "StarLine"
Поездки по России	2 000 000	ПАО «Газпром нефть»
Поездки за границу	1 000 000	НПО "StarLine"
Крупные закупки	5 000 000	ПАО «Газпром нефть»
ИТОГО	8 450 000	

Расходы по категориям



- Оперативные покупки
- Крупные покупки
- Поездки по России
- Поездки за границу
- Крупные закупки

Спонсоры, также поддерживают нас и вне сезона



3. Управление процессами

Фрагмент таблицы дедлайнов сентябрь - январь

Этап	Задача	Ответственный	Приоритет	Дедлайн	Статус	Ключевые метрики успеха
1. Планирование	Определение требований к роботу	Вся команда	🔴	17 сентября	☑ Завершено	Сформирован технический документ
	Разработка структуры кода	Егор Хвостиков	⚡	26 сентября	🔄 В процессе	Разработана первоначальная структура
	Подготовка папки проекта	Владимир Куликов	🔸	18 сентября	☑ Завершено	Проект в Fusion 360 сформирован
2. Разработка ПО	Написание кода движения робота	Егор Хвостиков	🔴	15 октября	☑ Завершено	Робот отлично предвигается по полю
	Настройка траекторий движения	Егор Хвостиков	⚡	5 ноября	☑ Завершено	Движение стабильно с погрешностью ≤ 2%
	Написание кода лифта	Максим Митрушин	⚡	27 октября	🚫 Отстаёт	Уже можно производить Debug кода
3. Инженерные разработки	Проектирование лифта	Владимир Куликов	🔴	17 октября	🚫 На этапе тестирования	Полная работоспособность половины системы
	Разработка трансфера и захвата	Дмитрий Кириллов	⚡	1 декабря	🔄 В процессе	Подбор проб с точностью 95%
	Оптимизация базы робота	Владимир Куликов	🔸	10 января	📅 Планируется	Произведён первичный FEA анализ нагрузок

Разработка поэтапно:

- Чёткие сроки и таблица задач.

Гибкость:

- доработка модулей без задержек для остальных.

Расставляем приоритеты:

- 🔴 – критично;
- ⚡ – высокая важность;
- 🔸 – средняя важность

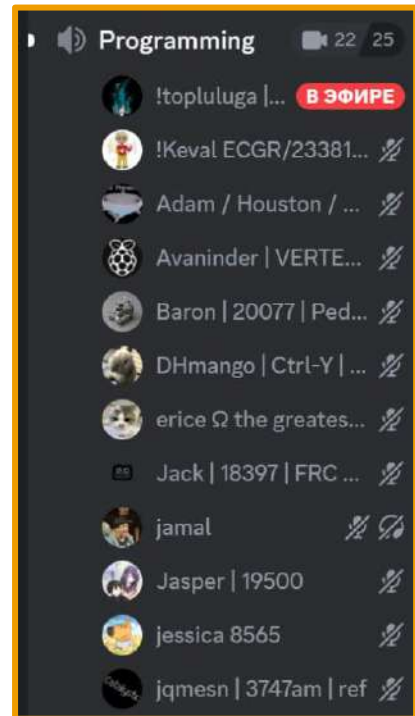
Развитие сообщества

1. Командные ценности

Мы не только создаём роботов, но и **ВДОХНОВЛЯЕМ** окружающих,

Коммуникация и обмен опытом:

- WoEN Chronicles и WoEN Show and Tell – регулярные публикации в группе ВКонтакте и канале Telegram «Midnight Nonsense!».
- Собственный форум, где студенты, школьники и любители робототехники обмениваются знаниями.



2. План развития и будущие цели

Производственная база и обучение:

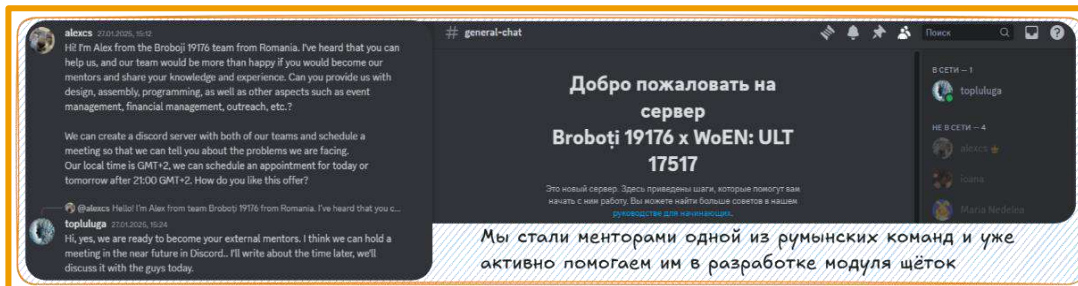
- Широкий парк ЧПУ-станков для собственных проектов и поддержки других команд.
- Проведение онлайн-гайдов (например, конференция в Discord для 21 участника) и создание обучающих видеороликов

Мастер-классы и лагерь:

- Мастер-класс на фестивале «Робофинист» (7–10 октября), где наш моделист рассказывал о 3D-печати.
- Летний Всероссийский Робототехнический Лагерь – кружок Инженерное проектирование мы проводили каждую неделю соревнования по регламенту прошлого сезона.

Развитие сообщества:

- Поиск новых спонсоров и партнёров для поддержки как нашей команды.



Мы стали менторами одной из румынских команд и уже активно помогаем им в разработке модуля щётки

3. Популяризация сообщества 4. Поддержка других команд

Основная наша цель – распространять идеи Лиги Инженеров и привлекать в робототехнику как можно больше новых людей. Для этого мы проводим:

- **Демонстрации в образовательных учреждениях:** рассказываем о Лиге Инженеров, показываем нашего робота в школах.
- **«WoEN Scrimmage MK III» (7–8 декабря):** организовали товарищескую встречу, где выступили **волонтёрами**, помогли с полем, настраивали стрим и консультировали команды.
 - Наш программист был **экспертом** номинации «Система управления» на параллельных городских соревнованиях, где участвовало более **2000** человек.
- **Активность в соцсетях:** «WoEN Chronicles» и «WoEN Show and Tell» служат инструментом для информирования широкой аудитории, которой интересны роботы и инновации.
- **Онлайн-форум:** используем собственную площадку, чтобы отвечать на вопросы начинающих робототехников.
- Участие в **RobotChallenge** Puck Collect в Пекине, что позволяет привлекать новых участников и расширять сообщество.

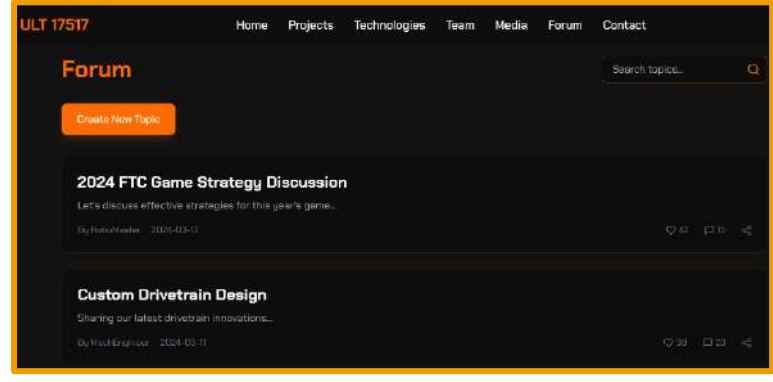
Мы активно **помогаем** другим участникам Лиги инженеров:

Техническая помощь и обмен ресурсами:

- Предоставляем ЧПУ-станки для изготовления деталей.

Международное сотрудничество:

- Наставничество:
 - Мы менторим румынскую команду 19176 Broboti, чтобы они могли успешно участвовать в соревнованиях.
 - Команда GearWizards 16917 (США) получила гайд по технологии литья полиуретана.
 - Совместно с Aperture Science 5064 мы исправили гайд по ременным системам в подъёмнике.
 - К нам обратились ребята из Казахстана с просьбой менторства – мы согласились.
- В течении сезона мы общались с разными командами и помогали им:
 - 19013 G-Force (Индия)
 - JelToqSun 27772 (Казахстан)
 - MarlBots 3526 (США)
 - ОаЗИС 24927 (Россия)
 - The Indubitables 20077 (США)
 - RoBEARTics 19500 (Канада)



Установление научных связей

1. Взаимодействие с сообществом 2. Внешние наставники

Цель взаимодействия с сообществом:

- Расширять границы **инженерного образования**, объединяя наше сообщество, Лигу Инженеров и глобальный мир STEM.

Основные результаты:

- Свыше **90 часов** общения с наставниками и менторами
- Более **500 человек** вовлечено через соцсети
- Участие в **15 мероприятиях** за год

Почему мы это делаем:

- Мы верим, что робототехника способна менять жизни, поэтому наша задача — делиться опытом и вдохновлять будущих инженеров.
- Мы стремимся показать, что каждый может внести вклад в развитие **STEM**.

Ресурсы с документацией:

- 400+ человек охвачено



Открытый CAD и Github:

- 100+ человек охвачено

Руслан Ренатович (Coşkunöz Engineering)

- Проблема: незнание FEA анализа
- Консультация: рассказ о симуляциях
- Результат: рассчитана прочность крюка

Пауль Уэтли (Pitsco Education - США)

- Проблема: не умение работать с I2C
- Консультация: получили гайд по шинам
- Результат: умеем работать с I2C

Роман Шестопалов (Ducky Town – СПбГУ)

- Проблема: плохие познания в Open CV
- Консультация: рассказал о библиотеке
- Результат: использование камеры

Валерий Чернов (SBER Robotics)

- Проблема: непонимание параметров
- Консультация: гайд по функциям
- Результат: модель параметризована

Никита Легостаев (ПАО «Абрау-Дюрсо»)

- Проблема: хрупкость грузов
- Консультация: виброизоляция, поролон
- Результат: транспортировка без потерь

3. Обмен опытом



topluluğu

Hello it's 17517 Woen ULT, how can we supply a specific voltage to the engines through the driver, it's just that your library doesn't have it. We won't to know what i2c registers



Paul Uttley

Hello 17517, There are several resources for using PRIZM here. Go to the resources tab at this link. <https://www.pitsco.com/TETRIX-PRIZM-Robotics-Controller> The vario. If you have any more questions, please write

Стратегия игры

1. Общая стратегия игры

Автономный период

- Старт у корзины: закидываем 4 жёлтых пробы в верхнюю корзину (32 очка) + парковка (3 очка).
- Старт у «Зоны Наблюдения»: закидываем 1 пробу с прищепкой на верхнюю перекладину, перевозим ещё 4 пробы для Хьюман-плеера (53 очка вместе с парковкой).

Управляемый период

- Заполнение корзины: берём жёлтые пробы у барьера, закидываем в верхнюю корзину.
- Закрепление на перекладине: передаём цветные пробы Хьюман-плееру, получаем их обратно с прищепками и закрепляем.
- Последние 10 секунд: подвешиваем робота на вторую зону (+15 очков).

Максимальный результат: ~235 очков (включая автоном).

2. Стратегия игры: дизайн

Колёсная база:

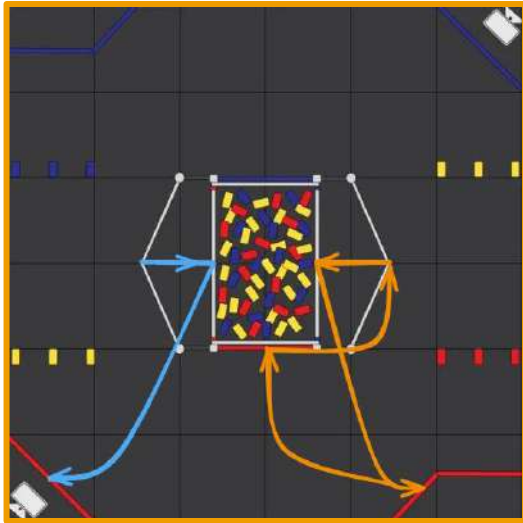
- Манёвренность: быстро меняем направление.

Возвратно-каскадный подъёмник:

- Скорость: каскад увеличивает скорость в 3 раза.
- Подвешивание: возможность подвеса

Система захвата:

- Быстрый сбор: нет необходимости в точных манёврах, сквозная.



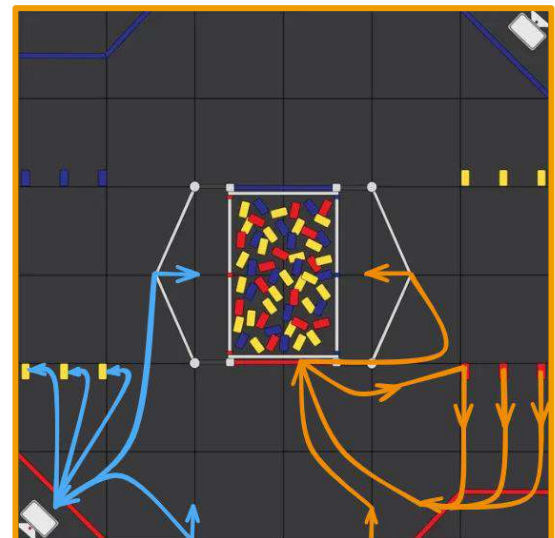
3. Стратегия игры: код

Автоматизация:

- Конечные автоматы: синхронизация модулей одним нажатием.
- Одна кнопка – комплекс действий: меньше ошибок, быстрая реакция.

Контроль движения:

- PID-регуляторы + кубический полином: оптимальное напряжение.
- Одометры + гироскоп: точная навигация



Инженерный раздел

1. Подход к разработке

Почему мы выбрали Fusion 360:

- **Параметрическое моделирование**, чертежи и **симуляции**, компоненты и функции рендера в одной программе.
- Облачная платформа позволяет команде работать **синхронно**, используя **параллельное моделирование**.

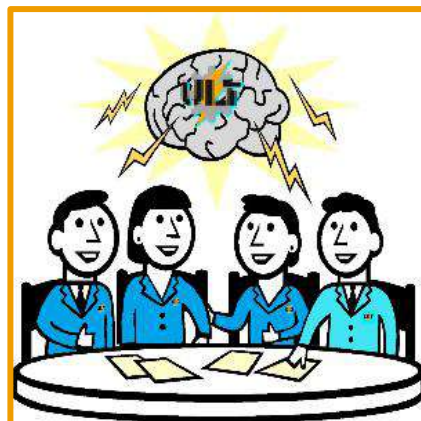


Разработан Autodesk в 2013 году (Джон Уок)

2. Мозговой штурм и анализ идей

В начале сезона наша команда собирается вместе и проводит **МОЗГОВОЙ ШТУРМ**, где каждый участник делится своими идеями.

- После генерации идей мы проводим их **анализ**, используя математические и физические расчёты.
- Оцениваем возможные ограничения и эффективность:
 - Первоначальные вычисления массы робота, с помощью **Physical Materials** и крутящего момента для приводов.



3. Инженерный процесс



Во время разработки робота мы используем **алгоритм**, позволяющий успешно развивать и отлаживать все модули.

4. Параллельное моделирование



5. Промышленный дизайн

Основы нашего промышленного дизайна

Мы используем последовательную 3D-печать для создания маркеров альянса и номеров

Фотополимерные рассеиватели обеспечивают равномерное освещение.

Метод FEA помогает нам оптимизировать материалы, делая робота прочным и лёгким.

Стальные рельсы MG995 обеспечивают плавное и точное движение.

При помощи Руслана Ренатовича мы создали генератор шкивов.

Наш робот

Наш робот имеет:

- 140 деталей
- 6 моторов
- 10 сервоприводов
- 3 одометра

База (стр.9)

- 4 мотора
- 1 камера
- Подсветка

Система захвата (стр.11)

- 7 сервоприводов
- 1 дифференциал

Лифт (стр.10)

- 2 мотора
- 2 концевика
- 12 блоков

Пробы поступают тут

Захват

Рельсовая система (Трансфер)

Подвес

Системы выгрузки

Вешаем пробы тут

Лифт

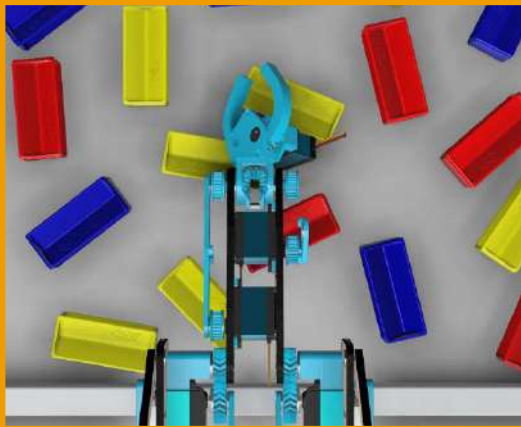
Систему выгрузки (стр.11)

- 1 дифференциал

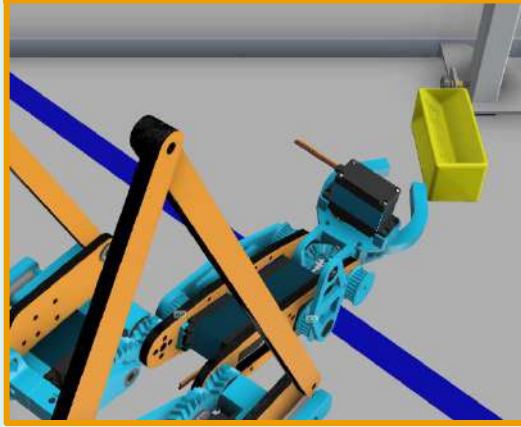
Вид сверху

Путь пробы от подводного аппарата до балки

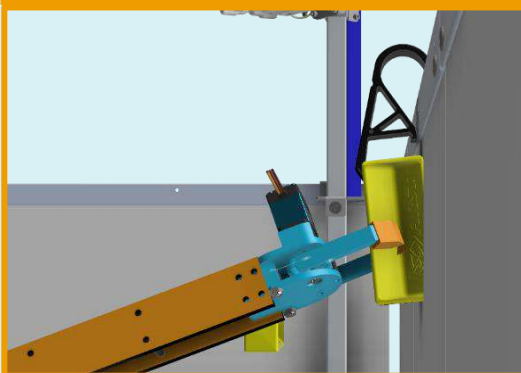
Захват пробы из аппарата



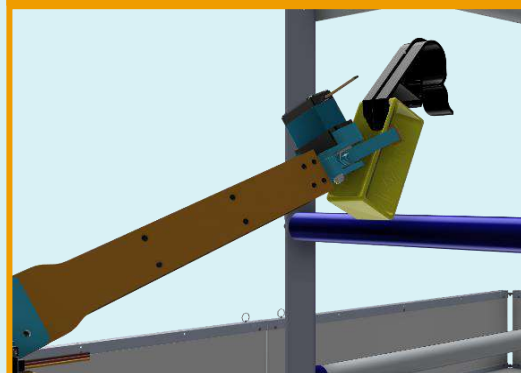
Выброс пробы в зону игрока



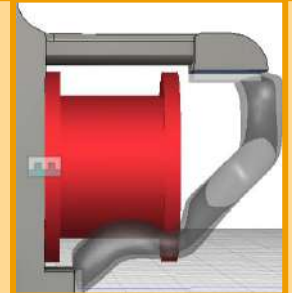
Забираем пробу со стенки



Вешаем пробу на 2 уровень



AI Генерация



Alternative 4



Alternative 5

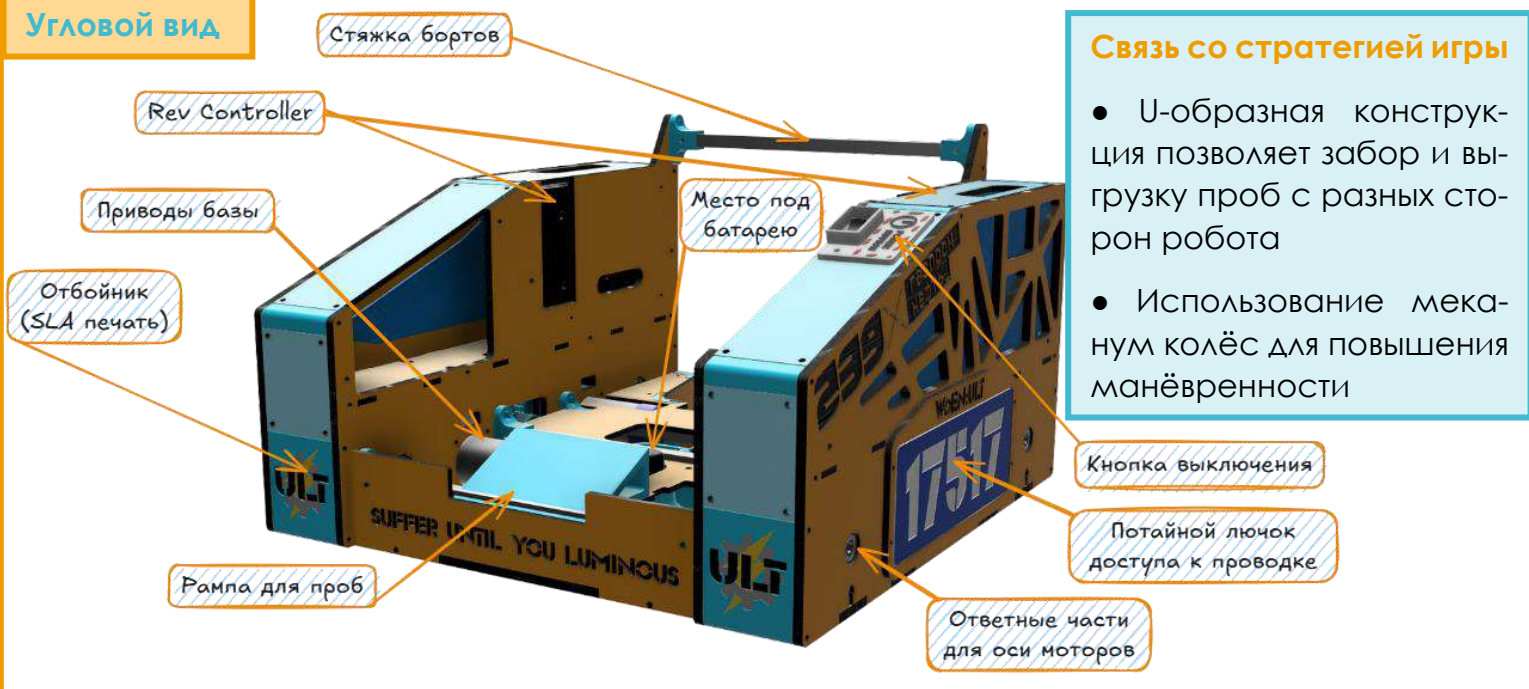


Alternative 6

Получен опыт по AI генерации, будем чаще использовать в дизайне робота.

База робота

Угловой вид



Версии базы

Первая версия



Ключевые особенности:

- Размер 314 мм
- Малая масса
- Лючки для проводки

Области для улучшения:

- Увеличение прочности
- Установка одометров
- Добавление профиля

Вторая версия



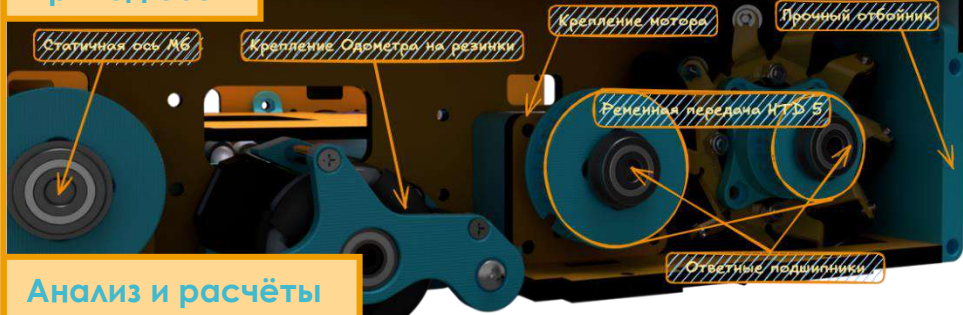
Ключевые обновления:

- Две стяжки бортов
- Наличие 3 одометров
- Высокая прочность
- Средние габариты
- Легко ремонтировать
- Параметры в модели
- Размер 394 мм

Электроника и движение

- Провода не проходят через колёса, они **перемещены вверх**.
- Добавлены **технологические лючки** для обслуживания.
- **Три одометра** для точной навигации. Подсветка для визуальной **обратной связи**.
- Проведя различные **тесты**, мы пришли к передаточному **соотношению 20:28**.

Привод базы



Анализ и расчёты

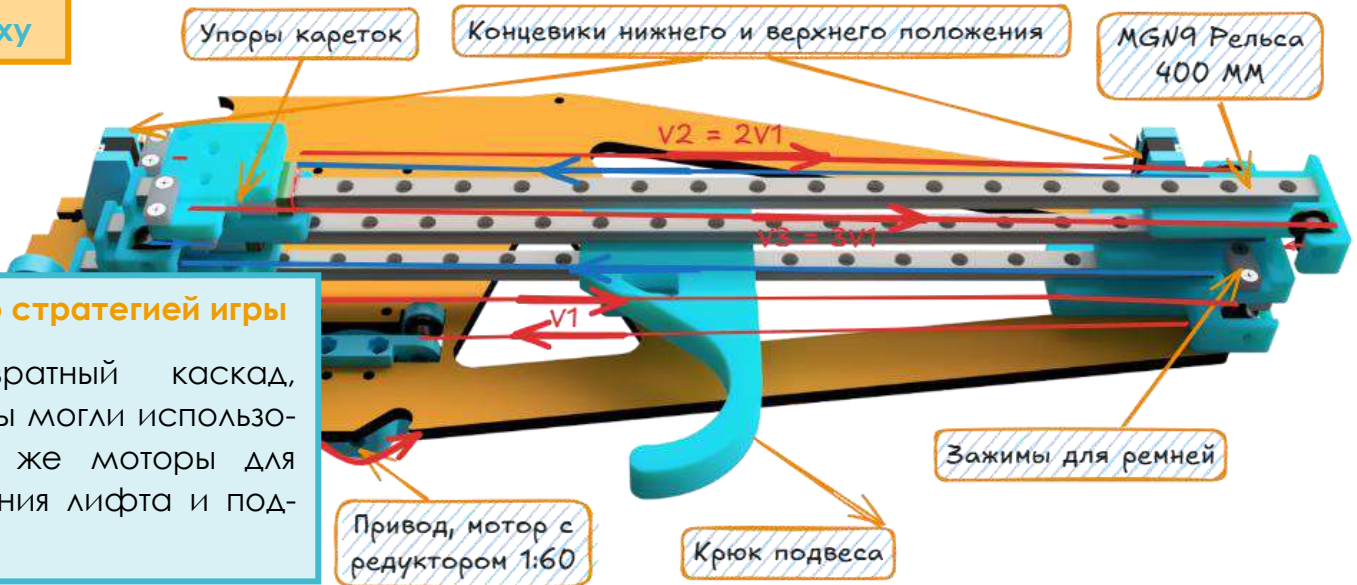
Для расчёта длины ремней мы используем **функциональные параметры** указанные в модели. Формула:

$$L = 2A + \frac{\pi(D_1 + D_2)}{2} + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4A}$$

- Где D_1 и D_2 – диаметры шкивов, A – расстояние между центрами шкивов, L – длина ремня.

Возвратно каскадный подъёмник

Вид сверху



Связь со стратегией игры

- Возвратный каскад, чтобы мы могли использовать те же моторы для управления лифта и подвеса

Анализ и расчёты

В каскадном механизме каждая ступень ускоряется пропорционально номеру ступени, что можно выразить через **определённый интеграл**:

$$V_n = \sum_{k=1}^n \int_0^t k \frac{dV}{dt} dt \stackrel{n=3}{\Leftrightarrow} 3 \int_0^t V_1 dt \stackrel{\text{Неопр}}{\Leftrightarrow}$$

$$\int V_1 dt = V_1 t = V_1 t|_0^t = V_1 t - V_1 \times 0 = V_1 t \stackrel{K_{\text{опр}}}{\Leftrightarrow} 3V_1 t$$

Где, V_n - скорость на n-й ступени, $\frac{dV}{dt}$ - эффективное ускорение ступени, t - время работы ступени, n - номер ступени.

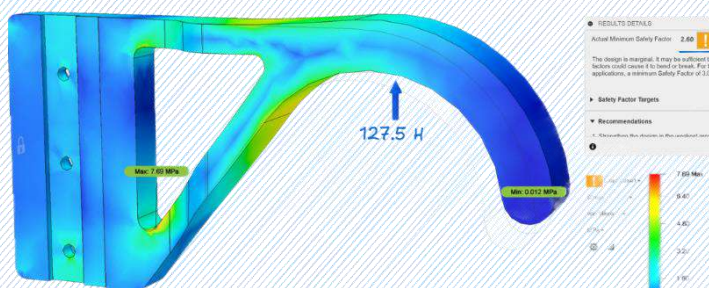
Ключевые элементы дизайна

- **Стабильность и точность:** Для минимизации люфта и колебаний мы добавили упоры для кареток и рельс, что повысило точность позиционирования.
- **Скорость и эффективность:** Подъёмник оснащён **возвратно-каскадной системой**, что увеличивает скорость его работы в **3 раза**.
- **Грузоподъёмность:** Конструкция рассчитана на подвешивание всего робота, благодаря системе **обратной тяги**, обеспечивающей надёжную фиксацию.

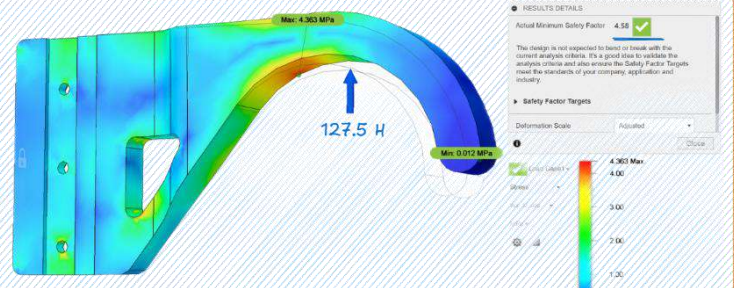
Подвес

Анализ и расчёты

Был проведён FEA-анализ **изгиба** для проверки прочности конструкции, на каждый из двух крюков приходится сила **127.5 Н**.



Симуляция нагрузок модуля показала, что деталь не выдержит планируемых нагрузок



Спроектировали деталь, с достаточным коэффициентом запаса

Система захвата

Угловой вид

Сервоприводы дифференциала

Ременная передача

Захват

Сервопривод захвата

Дифференциал

Рычаги выдвига

Шевронные шестерни

Сервоприводы выдвигаения

Крепление к базе

MGN 9 Рельсы

Связь со стратегией игры

- Очень просто прицеливаться, а также у механизма высокая прочность

Версии захвата

Ключевые особенности:

- Быстрый захват без перегрузки моторов
- Исключение штрафов за счёт датчика цвета
- Простая сборка.

Области для улучшения:

- Оптимизация длины рычагов
- Улучшение материала

Версии трансфера

Ключевые особенности:

- Перехват и выброс образцов в корзины
- Использование MGN рельс для точности

Области для улучшения:

- Усиление конструкции профилем
- Оптимизация рычажной системы

<p>Дифференциал (Схема)</p>	<p>Условные обозначения</p> <ul style="list-style-type: none"> F_1, F_2 – приложенные силы F_{r1}, F_{r2} – радиальные составляющие сил F_{a1}, F_{a2} – осевые составляющие сил $M_{кр1}, M_{кр2}$ – крутящие моменты n_1, n_2 – угловые скорости Деталь 1 и 4 – элементы дифференциала 	<p>Преимущества</p> <ul style="list-style-type: none"> Гибкость – плавный поворот без сложных приводов. Точность – угол регулируется разницей скоростей. Надёжность – меньше перегрузок на моторы. Компактность – меньше деталей, проще сборка.
------------------------------------	--	--

Система выгрузки

Вид сбоку

Связь со стратегией игры

- Упрощает прицеливание и отличается прочностью, что важно

Сервопривод Дифференциала

Дифференциал

Сервопривод

Стяжка из профиля

Плечо

Захват

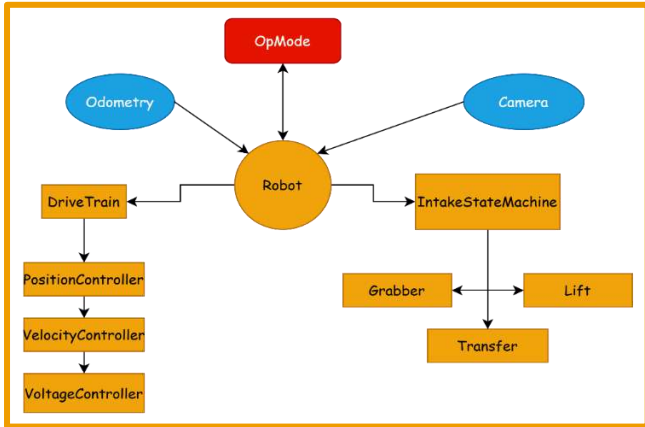
Варежки

Программный Раздел

Окружение

Для написания кода мы используем IDE **Android Studio**. Подключаемся к роботу и заливаем код через **Android Debug Bridge**. Система контроля версий **Git** позволяет нам организовать параллельную работу нескольких программистов и даёт возможность всем желающим посмотреть наш код

Структура кода



Автоматизация управления

Конечный автомат - модель, содержащая конечное множество состояний, условия и способы перехода между ними. Использование **конечных автоматов** позволило нам синхронизировать работу множества сервомоторов, датчиков и т.д., а затем и модулей, таких как лифт, захват и т.д. между собой. Таким образом управление роботом максимально автоматизировано, что позволяет драйверу сконцентрироваться на выборе стратегии во время матча, и не задумываться о ручной синхронизации модулей. Например, чтобы зацепить пробу, убрать захват в нужное положение и опустить лифт, требуется нажать **1 кнопку**.

Контроль скорости

Для управления скоростью робота мы используем PID-регуляторы, которые сначала вычисляют желаемую скорость, затем находят нужное напряжение через индивидуальный для каждого мотора кубический полином :

$$F = at^3 + bt^2 + ct + f; t - target$$

Коэффициенты мы подбирали, считая аппроксимацию функции скорости от вольтажа по точкам, которые мы нашли опытным путём. Все расчёты сделаны при помощи функционала **Excel**

Контур управления



Локализация

Сначала получаем позицию трёх мертвых колёс, затем с помощью гироскопа, разницы левого и правого одометра и фильтра нижних частот (отдельно описан ниже) вычисляем угол, поворачиваем вектор перемещения на этот угол, и прибавляем его к текущей позиции. Для учёта изменения угла робота между считыванием одометров используем данную формулу из теории автоматического управления:

$${}^G \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} {}^R \begin{bmatrix} \frac{\sin \Delta \theta}{\Delta \theta} & \frac{\cos \Delta \theta - 1}{\Delta \theta} & 0 \\ \frac{1 - \cos \Delta \theta}{\Delta \theta} & \frac{\sin \Delta \theta}{\Delta \theta} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} {}^R \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta \theta \end{bmatrix}$$

Идея алгоритма

В этом году мы решили **использовать новый алгоритм движения** робота. Мы взяли за основу алгоритм “**Прямое преследование**” и переосмыслили его для движения базы на основе механики колёс.

Прямолинейные участки

1) Задача траектории как последовательности отрезков прямых, каждый из них задаётся уравнением:

$$Ax + By + C = 0$$

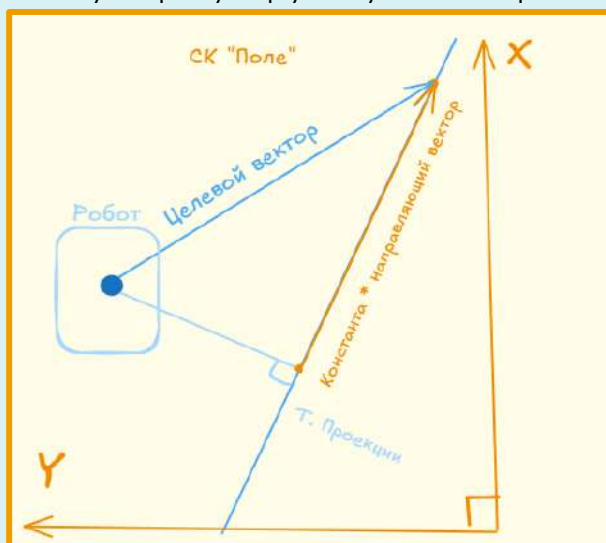
2) Координаты направляющего вектора будут (A, B)

3) Поиск проекции робота на траекторию

$$x = -\frac{A * C + B * C1}{A^2 + B^2};$$

$$y = \frac{A * C1 - B * C}{A^2 + B^2}$$

4) Добавление к проекции единичного вектора, умноженного на константу регулируемую скорость:



5) Подача полученного вектора на вход алгоритма контроля позиции

RoadRunner

Популярная библиотека для движения **RoadRunner** позволяет строить следовать за криволинейными траекториями. В целях развития навыков разработки сложных алгоритмов, мы используем **только низкоуровневые функции RoadRunner**, генерирующие сплайновую кривую пятой степени параметризованную длиной пройденного пути:

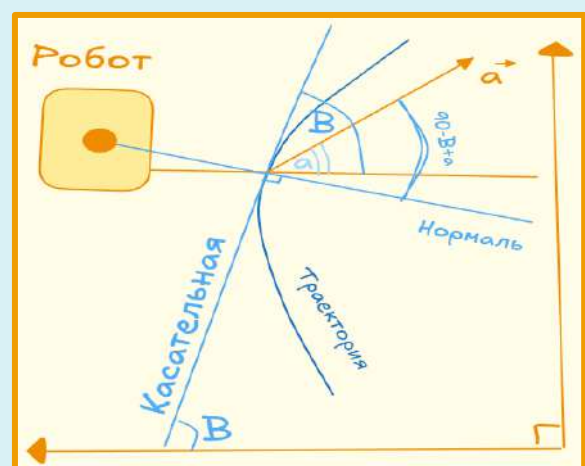
$$\begin{cases} X(s) = As^5 + Bs^4 + Cs^3 + Es^2 + Ds + F \\ Y(s) = as^5 + bs^4 + cs^3 + es^2 + ds + f \end{cases}$$

Криволинейные участки

1) Поиск проекции робота на кривую (ближайшая точка)

2) Прибавление к параметру проекции константы, определяющей скорость движения

3) Добавление составляющей, зависящую от кривизны траектории в точке проекции. Радиус кривизны находится следующим образом:



$$R_{\text{кривизны}} = \frac{v_x^2 + v_y^2}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - \tan^{-1}\left(\frac{v_x}{v_y}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{a_x}{a_y}\right)\right)}}$$

4) Подача полученного вектора на вход алгоритма контроля позиции

Отладка алгоритма движения

Для отладки алгоритма нами был написан **Симулятор колёсной базы**. Выход алгоритма движения интегрируется и перемещение выводится в **FTC Dashboard**. Такой подход позволяет удобно **протестировать взаимодействие всех модулей** кода без физического наличия робота.



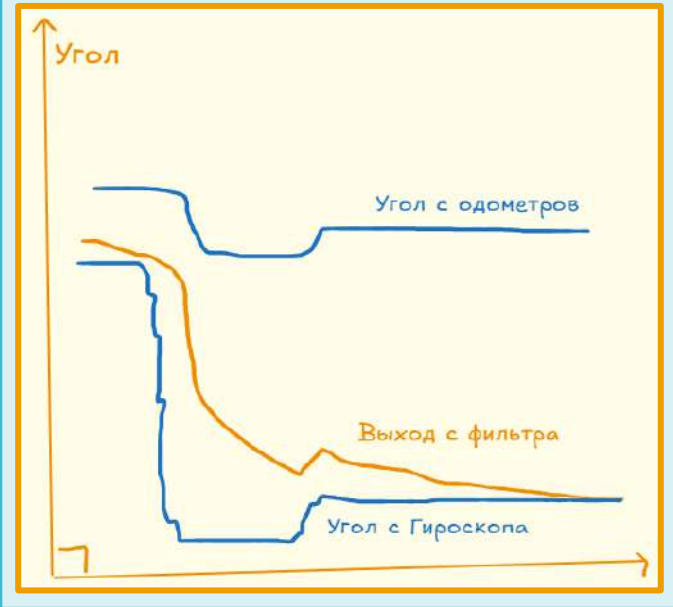
Сглаживание скорости с одометров

При стандартном получении скорости с одометров есть две существенные проблемы: переполнение на больших значениях и зашумлённый сигнал с выбросами. Использование фильтра решает обе из них. Мы применим разработанный на основе **среднего арифметического с окном и весовыми коэффициентами** и **экспоненциального бегущего среднего** двухэтапный фильтр.



Фильтр нижних частот

Фильтр нижних частот (он же экспоненциальный) – эффективный метод фильтрации значения, которое считывается несколькими датчиками. Например, камера и одометры, гироскоп и одометры.



Контроль позиции

- 1) Вычитание из целевого вектора в глобальной СК позицию робота в глобальной СК
- 2) Поворот и добавление полученной дельты к позиции робота в локальной СК. Такой подход позволяет разделить боковое и прямое движение робота на разные регуляторы, что позволяет компенсировать проскальзывание при боковом движении.
- 3) Подача вектора цели на 3 PID-а позиции

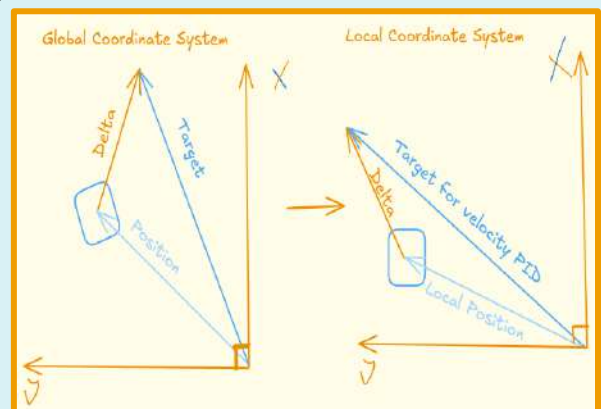
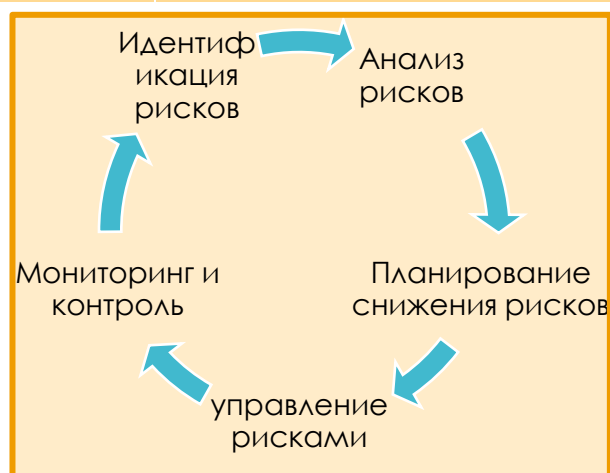


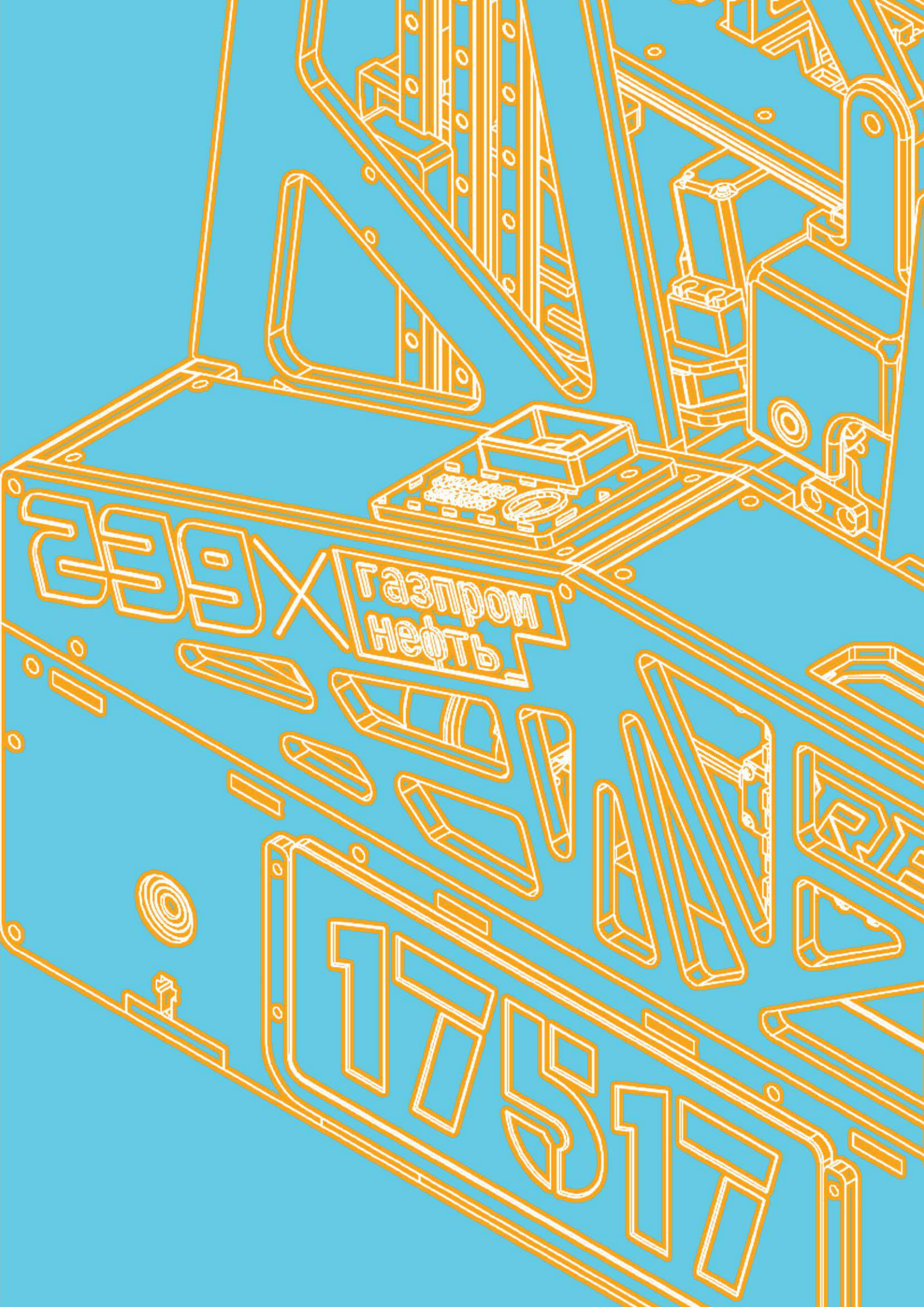
Таблица анализа рисков (FMEA)

Модуль	Риск	Последствия	Пути исправления
Колесная База	Ослабление или раскручивание муфты колеса	Дрожание при движении, снижение управляемости	Установка фиксирующих отверстий напротив муфт
	Выход из строя энкодера	Потеря обратной связи, снижение точности движения	Быстрый переход на резервный энкодер
	Люфт во время движения	Сложность управления, риск переворота	Усиление конструкции вставными профильными элементами
Захват	Заклинивание игровых элементов в захвате	Блокировка системы захвата	Программная защита по напряжению
	Сильный износ шкива	Выход из строя захвата	Оперативная замена на заготовленный запасной
	Полный выход из строя	Невозможность брать образцы из подводного аппарата	Наличие в работе второй системы набора очков (забрасывание в корзину)
Подъемник	Проскальзывание ремня	Сбой работы лифта	Установка двух концевиков для сброса ошибки
	Выпадение ремня из крепления	Невозможность поднять лифт	Оперативная фиксация запасными деталями
Программное обеспечение	Непредвиденные ошибки	Не работоспособность робота в течении матча	Оперативное исправление благодаря системе логирования и телеметрии
	Перезагрузка контроллера (Rev Hub)	Потеря позиции и времени автономии	Хранение критических данных в статических переменных
	Ошибки драйвера при управлении	Конфликт частей робота и невозможность продолжать матч	Защита от неверных нажатий путём использования конечного автомата

Управление рисками

- Прежде чем создавать конструкцию, мы **оцениваем**, насколько хорошо она интегрируется в нашего робота, чтобы избежать **ненужных затрат**.
- Мы приоритетно **создаём прототипы** с использованием 3D-печати.
- Если что-то идет не так, мы **анализируем** ситуацию и ищем способы исправить проблему.





GEP

Газпром
Нефть

17517