

# EVOCARGO

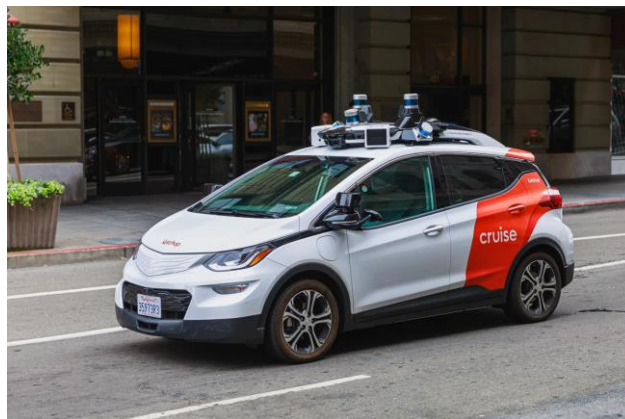
HEISENBUG 2023

## Дмитрий Никитин

ведущий инженер отдела испытаний

# Тестирование автономного транспорта: место встречи QA софта и железа

# Беспилотники в мире



# Наши машины

Автономные

Электрические

Максимальная  
грузоподъемность

---

**2** тонны

Пробег на одном  
заряде до

---

**200** км

Средняя скорость

---

**20** км / ч

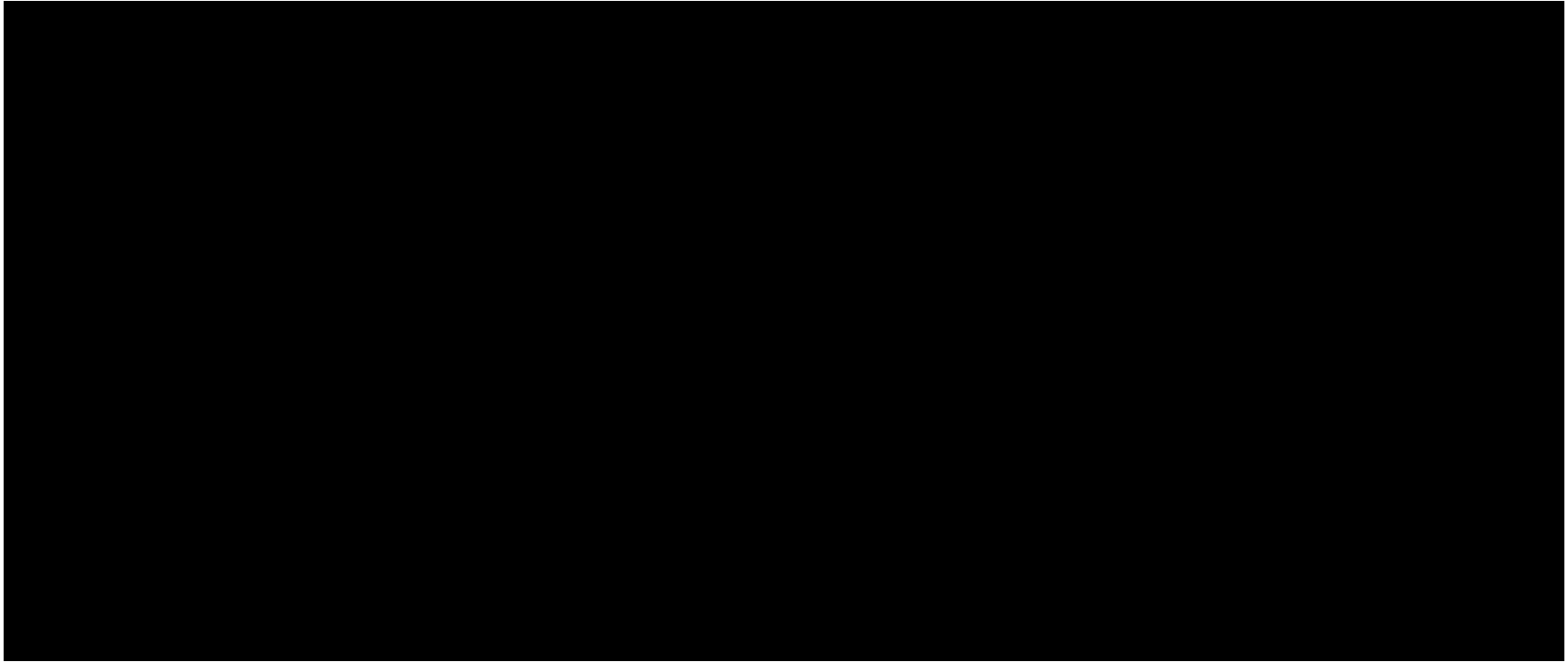
Зарядка от розетки

---

**6** часов



# Логистический сервис



# Эволюция машин «ЭвоКарго»



2017

Концепт первой беспилотной грузовой платформы.



2021

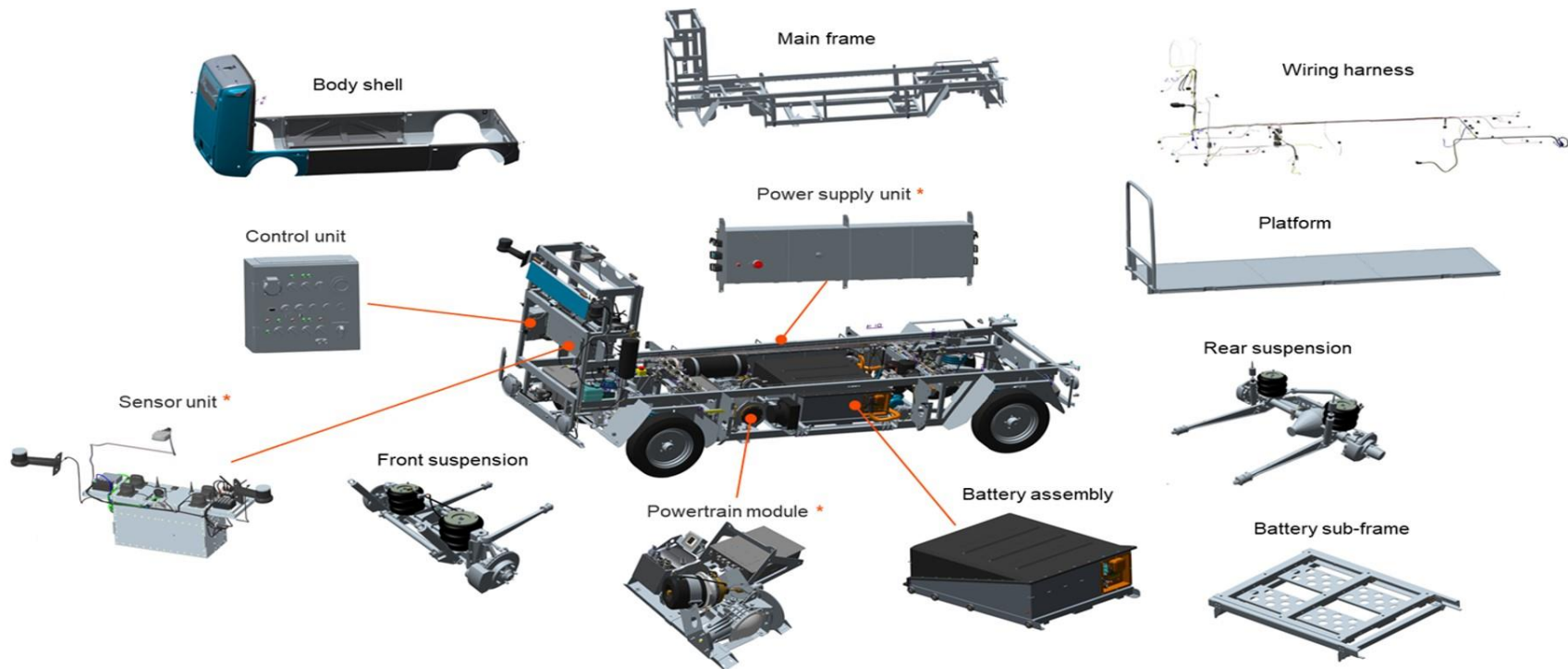
Коммерческая эксплуатация.  
Серийное производство.



2022

Масштабирование производства.  
Модель для жаркого климата.

# Конструкция

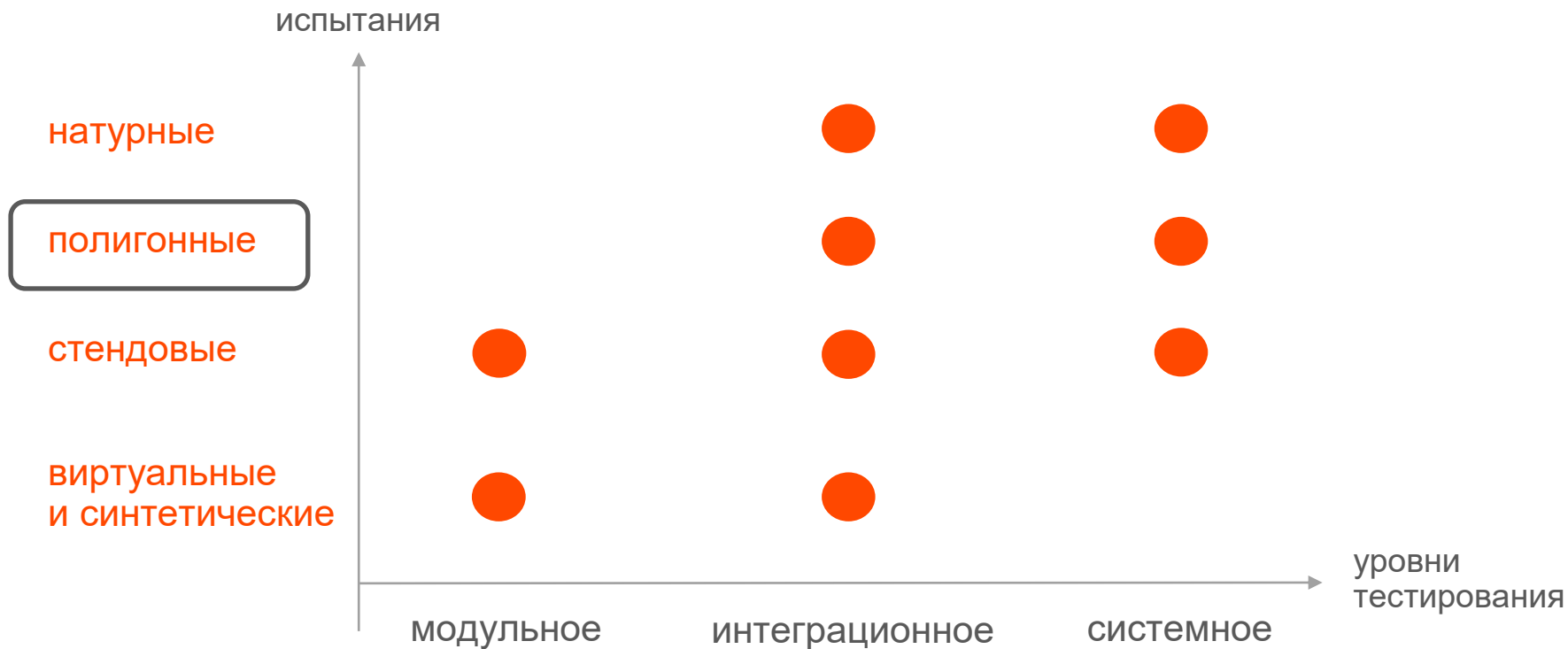


# Типы испытаний





# Типы испытаний



# Полигон

2.5 км

Разворотные кольца

Парковки

Расширения  
и сужения дорог



# Далее

- Как мы поняли, сколько нам нужно лидаров и как их расположить
- Почему не прижилась идея с вилочным погрузчиком
- Как мы поменяли тормозную систему
- Как мы тестировали модель машины на водороде
- Новый кузов и неожиданные открытия
- Подготовка к работе в +50 градусов
- Как мы проверяем, что наша машина может ездить и в дождь, и в листопад

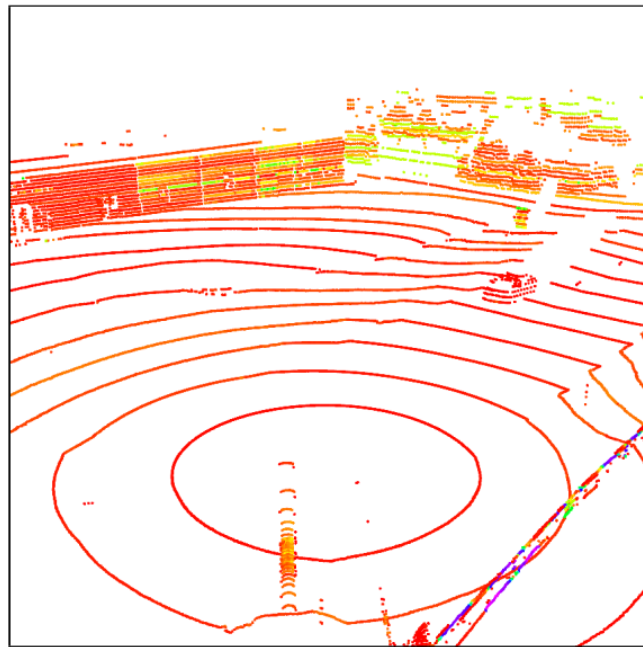
# Лидары

Задача:

определить количество  
и расположение лидаров

Попробовали установить один лидар

Проблема: ошибки локализации



Принцип работы лидара

(изображение взято с [arxiv.org](https://arxiv.org))

# Лидары

Ставим спутниковый GNSS приемник + RTK станцию  
и сравниваем траектории



# Лидары

При натуральных  
испытаниях  
ошибок не было



Почему  
они появились  
на полигоне

# Полигон – чистое поле

Лидару не за что «зацепиться»



# Полигон – чистое поле

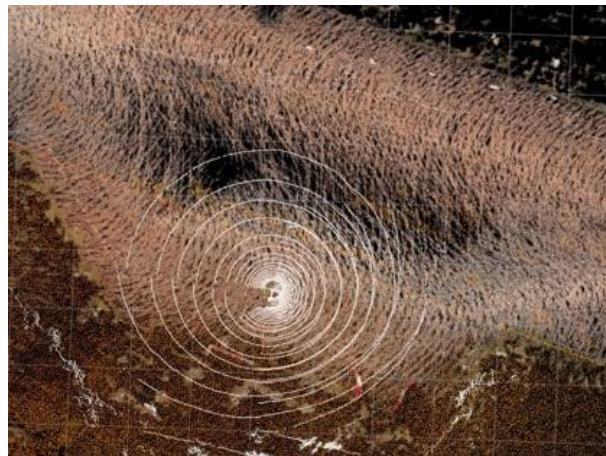
Лидару не за что «зацепиться»

Решение:

- +1 лидар
- улучшенная фильтрация облаков точек

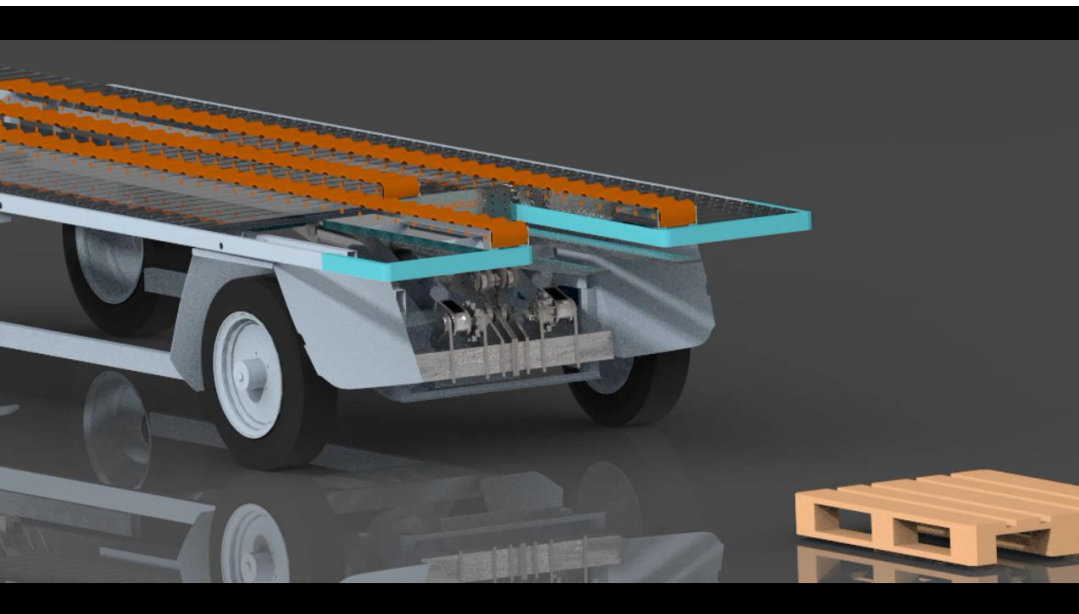
Как тестировали:

- на полигоне
- натурными тестами





# Легенда о вилочном погрузчике



Почему отказались от идеи?

- Конструкция сложна
- Погрузка-разгрузка чаще происходит с пандуса
- Лишние сложности с ремонтом
- Чтобы его добавить, надо что-то убрать
- Дорого

# Стояночный тормоз

Было:

- барабанный тормоз
- трос на задней оси



Проблемы:

- тросы вытягиваются, «распушаются»
- смещение колодок в барабане



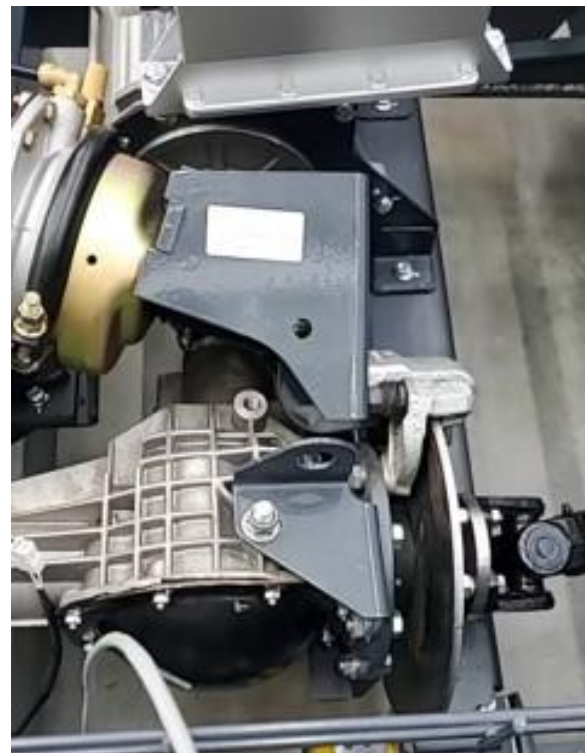
# Стояночный тормоз

Стало:

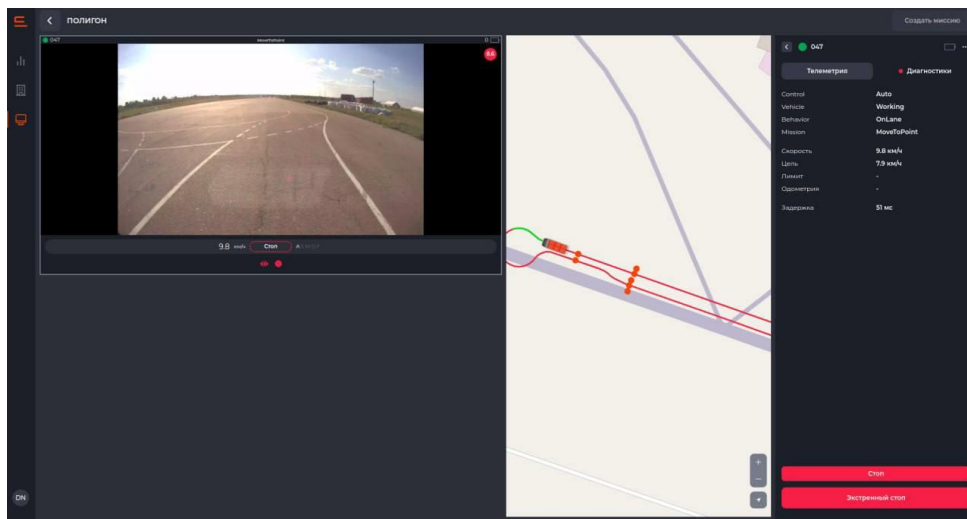
- дисковый тормоз
- отказались от троса

Как тестировали:

- лабораторные испытания
- пробеговые испытания на полигоне



# Пробеговые испытания на полигоне



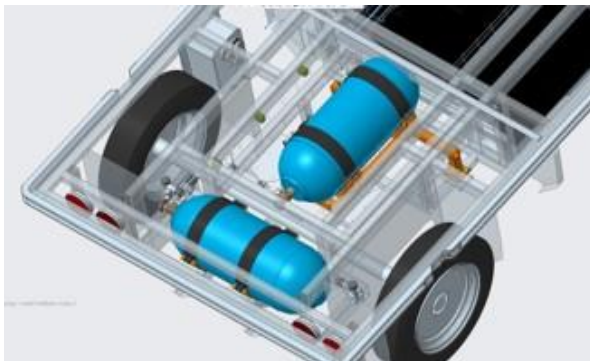
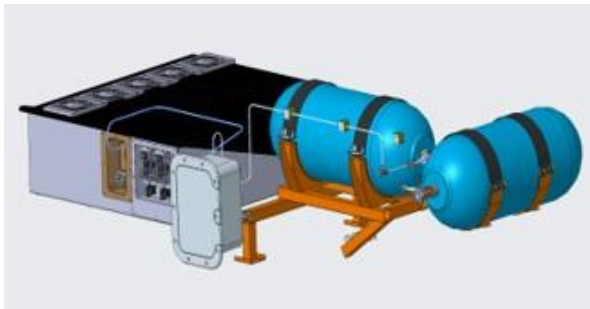
# Водород

Гибридная система питания:  
от электрических батарей  
и водородных топливных элементов

Запас хода: x **2**



# Водород – от концепта до прода



# Водород – примеры тестов

- имитировали утечку, чтобы проверить датчик, софт и механизм перекрытия кранов подачи водорода
- измеряли ток и температуру топливных элементов
- тестировали в движении под нагрузкой и с перепадами напряжения



# Кузов

Большая часть грузоперевозок – в закрытом кузове





# Кузов: просто коробка или...

Стандартные тесты, включая проверку:

- прочности конструкции
- сенсорики и автопилота
- раскачивания при движении
- габаритов



из  $-25^{\circ}$  в  $+50^{\circ}$



# Комплектация для жаркого климата

Концепт: зонирование и охлаждение компьютеров



# Комплектация для жаркого климата

Тестирование: климатическая камера и полигон



# Детекция листьев, грязи и дождя



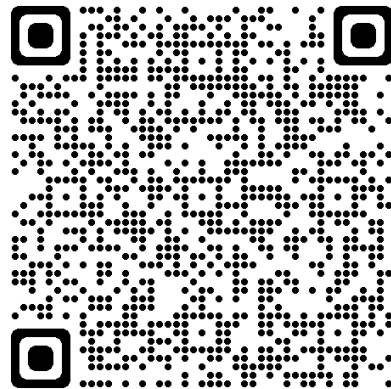
# Один день из моей жизни



# На стыке тестирования софта и железа



Вакансии «ЭвоКарго»



**Спасибо за внимание!**

**Вопросы?**