

# Система сканирования робота Spectro

Как робот делает полнопаллетную  
инвентаризацию склада за 1 час на  
складах Маркета

Яндекс  Маркет

*Валера Ильин*

Руководитель группы  
компьютерного зрения и бизнес-  
процессов

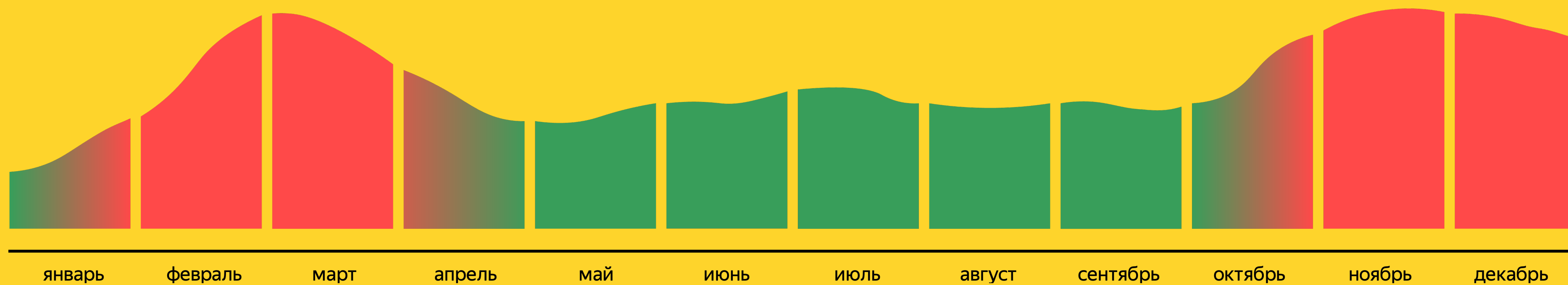
# Зачем нужны роботы?

## СРІ фулфилмента

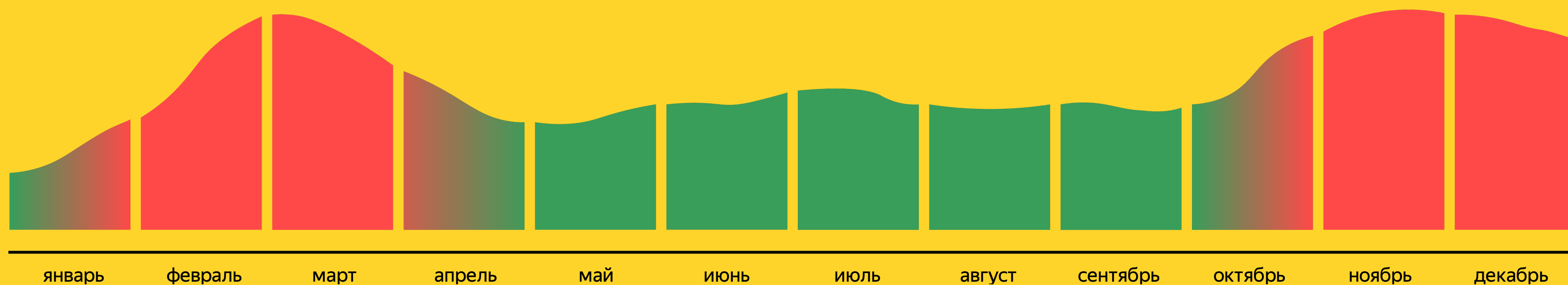
Важны операционные  
затраты и скорость



# Зачем ещё нужны роботы?

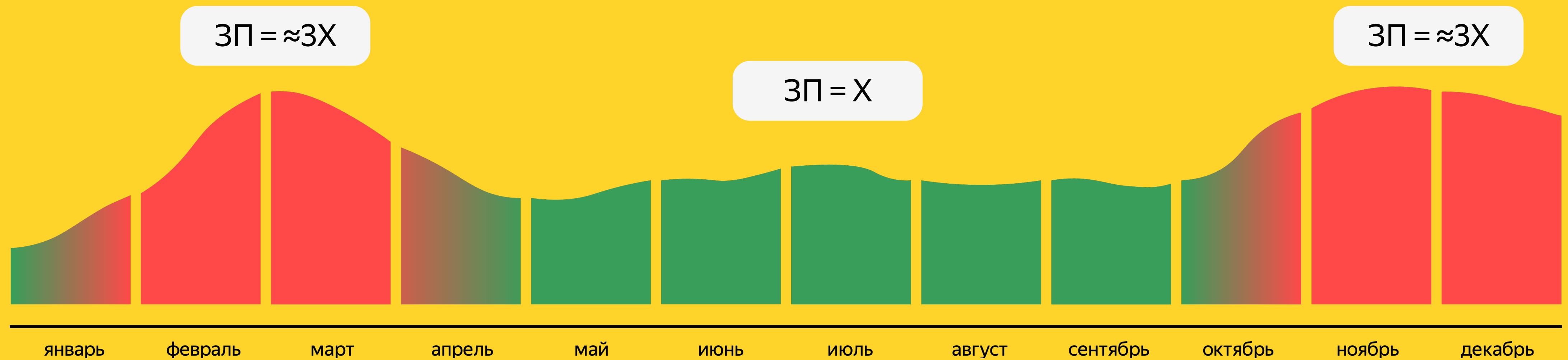


# Зачем ещё нужны роботы?



В высокий сезон –  
большой спрос на  
кладовщиков

# Зачем ещё нужны роботы?



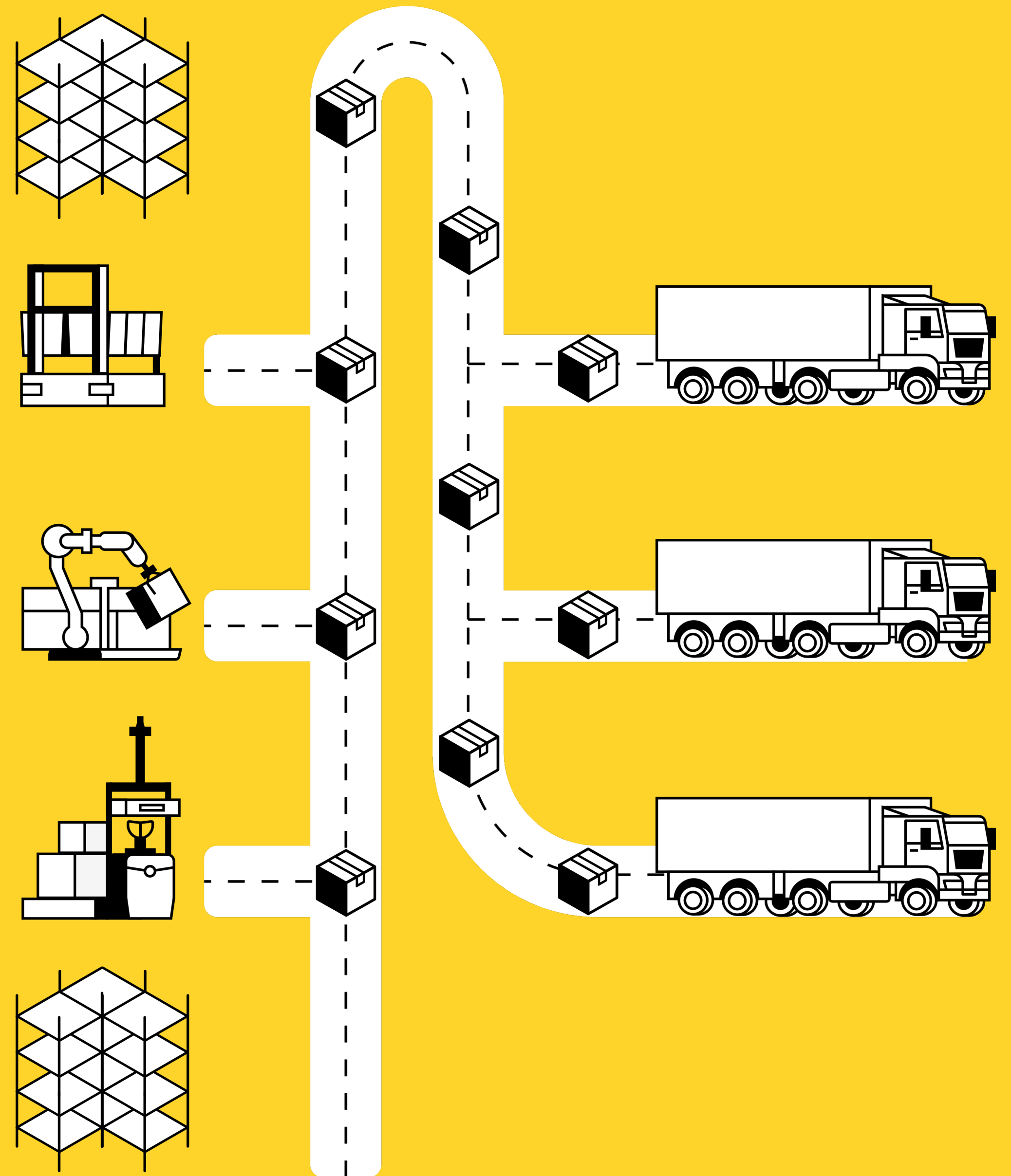
В высокий сезон –  
большой спрос на  
кладовщиков

Сильно растут ставки  
сотрудников склада

# Своя разработка роботов

## Цели

1. Сделать максимально автономный склад с минимумом капитальных затрат
2. Убрать людей с долгих и рутинных операций
3. Сократить перемещения людей по складу
4. Увеличить эффективность хранения на м<sup>2</sup>
5. Создать свою систему управления складом и роботами на основе умной аналитики



**Какое решение  
идеальное  
и универсальное?**

# Какое решение идеальное и универсальное?

Его нет

?

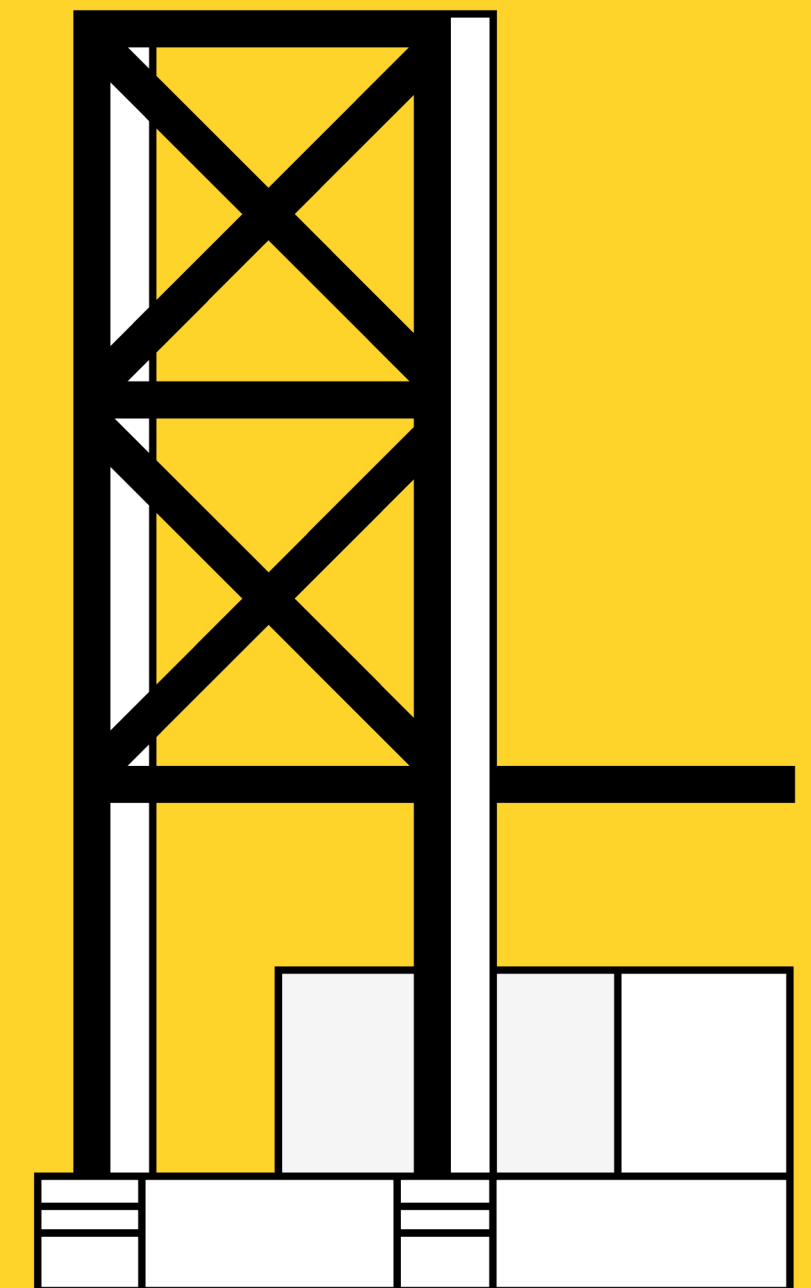


# Какое решение идеальное и универсальное?

Его нет

1. Все зависит от бизнеса

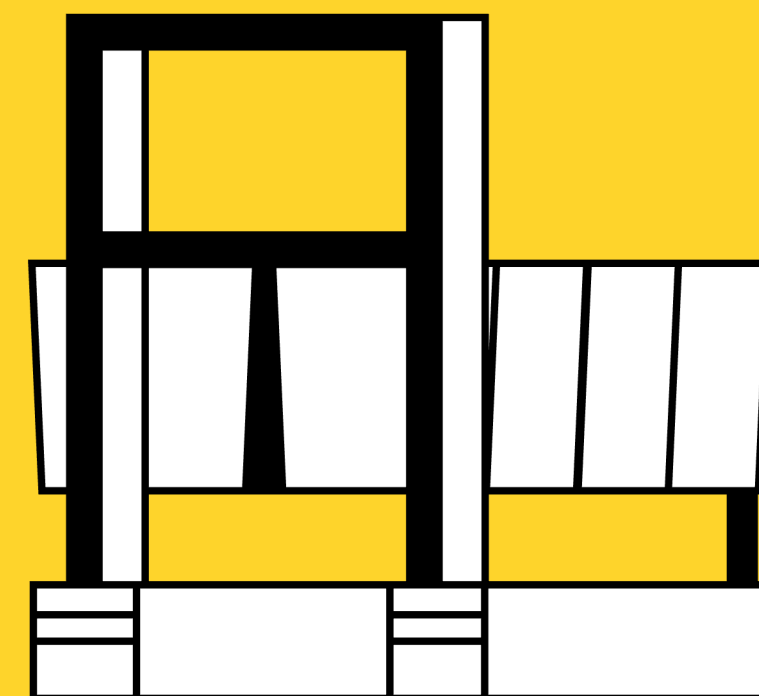
?



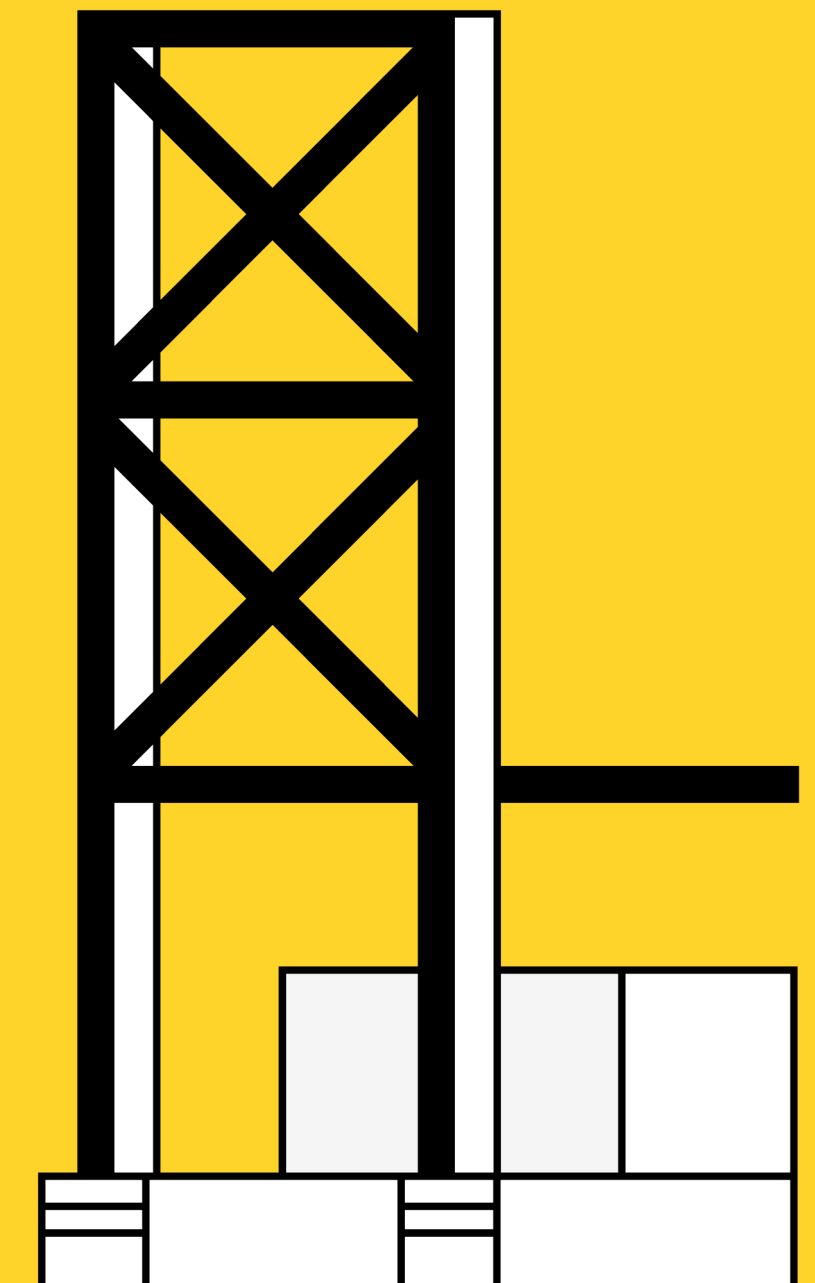
# Какое решение идеальное и универсальное?

Его нет

1. Все зависит от бизнеса
2. Главное — объять  
нужный поток операций



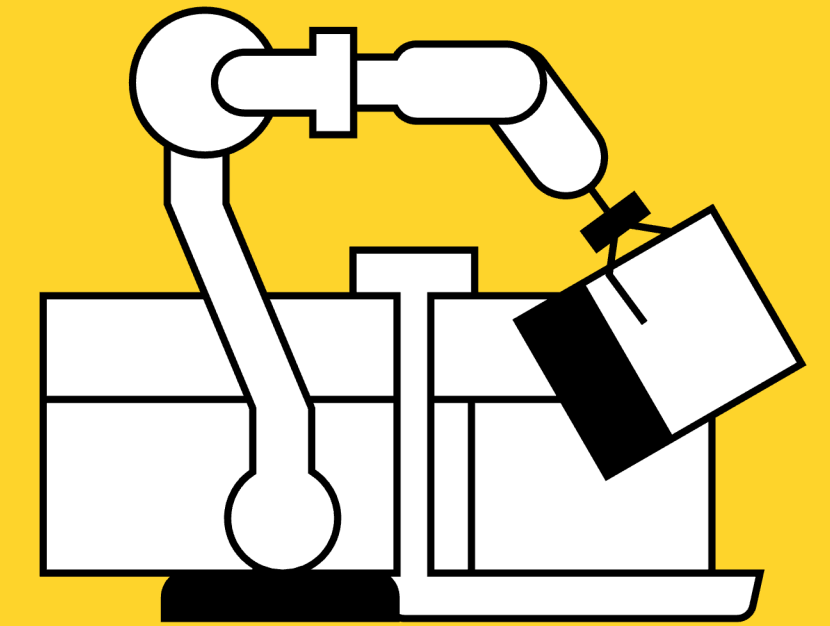
?



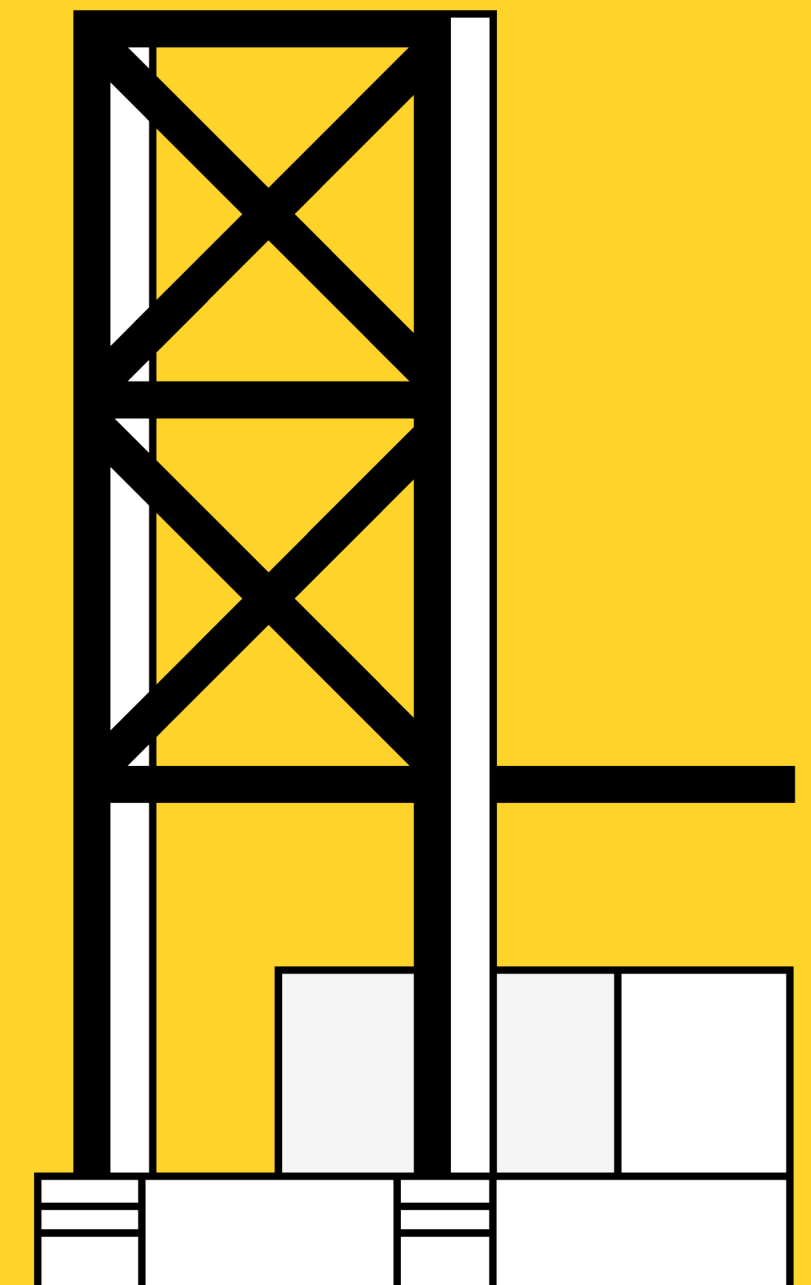
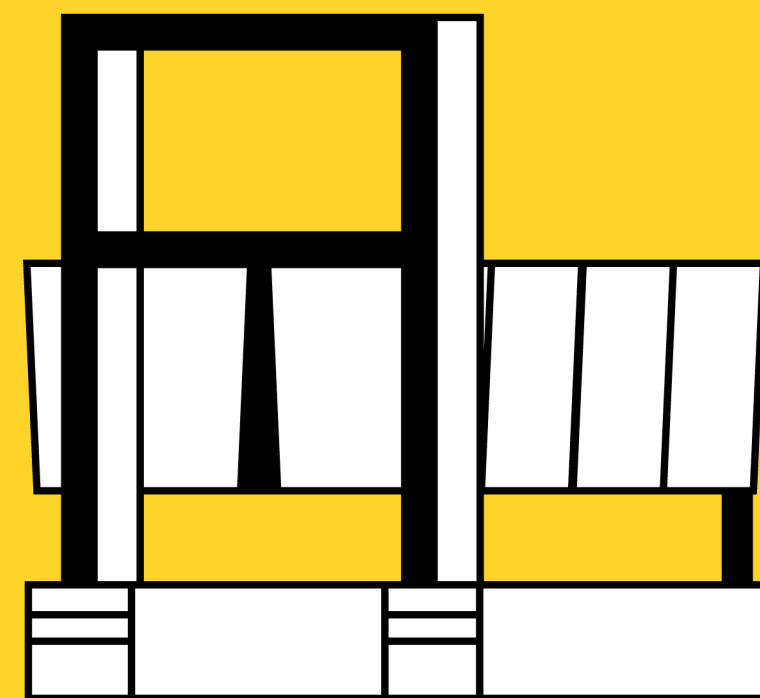
# Какое решение идеальное и универсальное?

Его нет

1. Все зависит от бизнеса
2. Главное — объять  
нужный поток операций
3. Кусочные решения на 10%  
ассортимента неинтересны



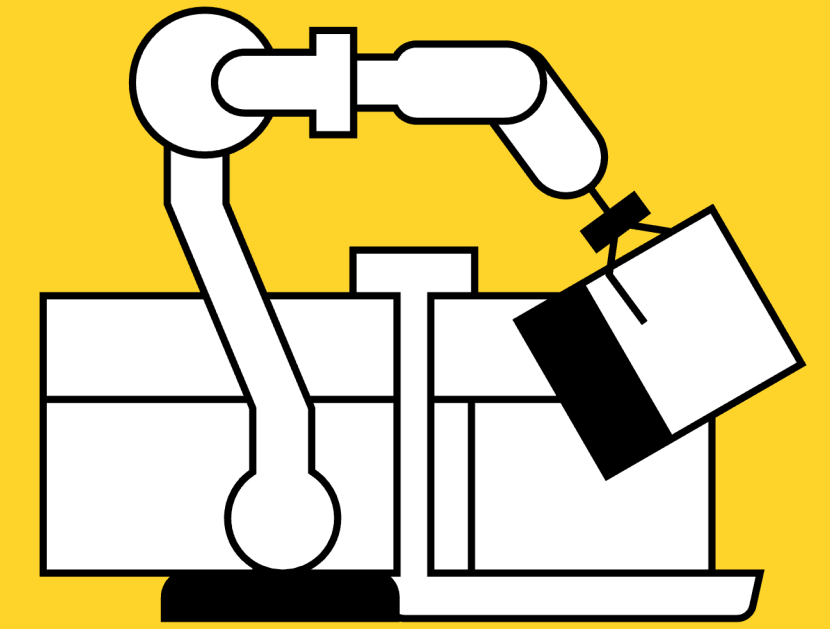
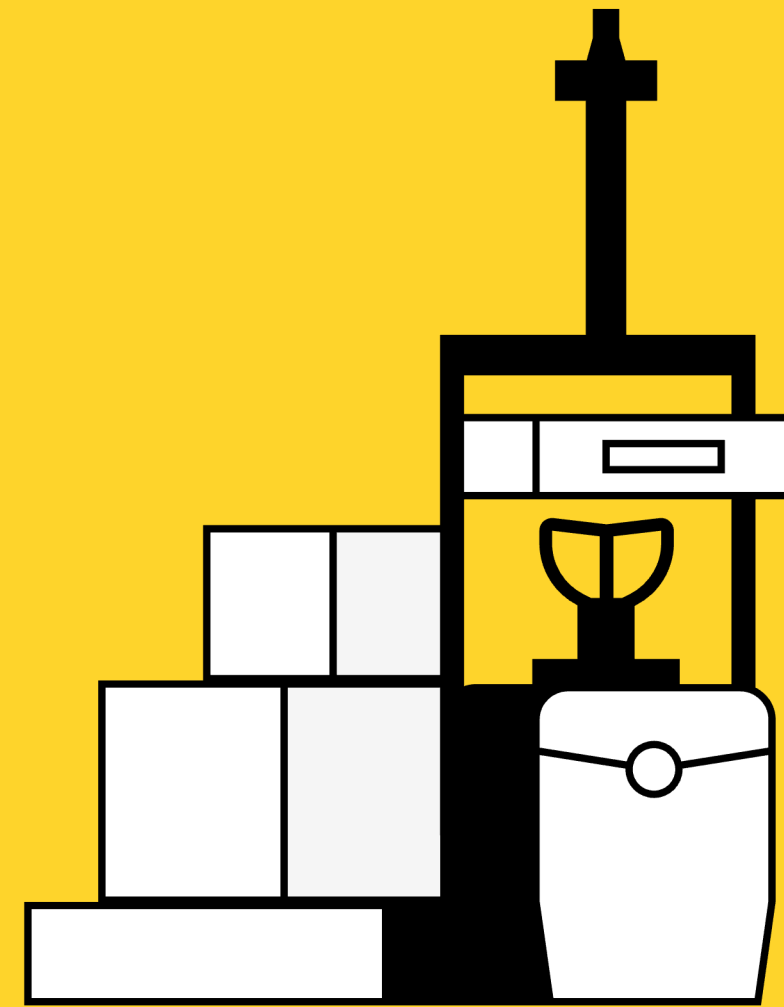
?



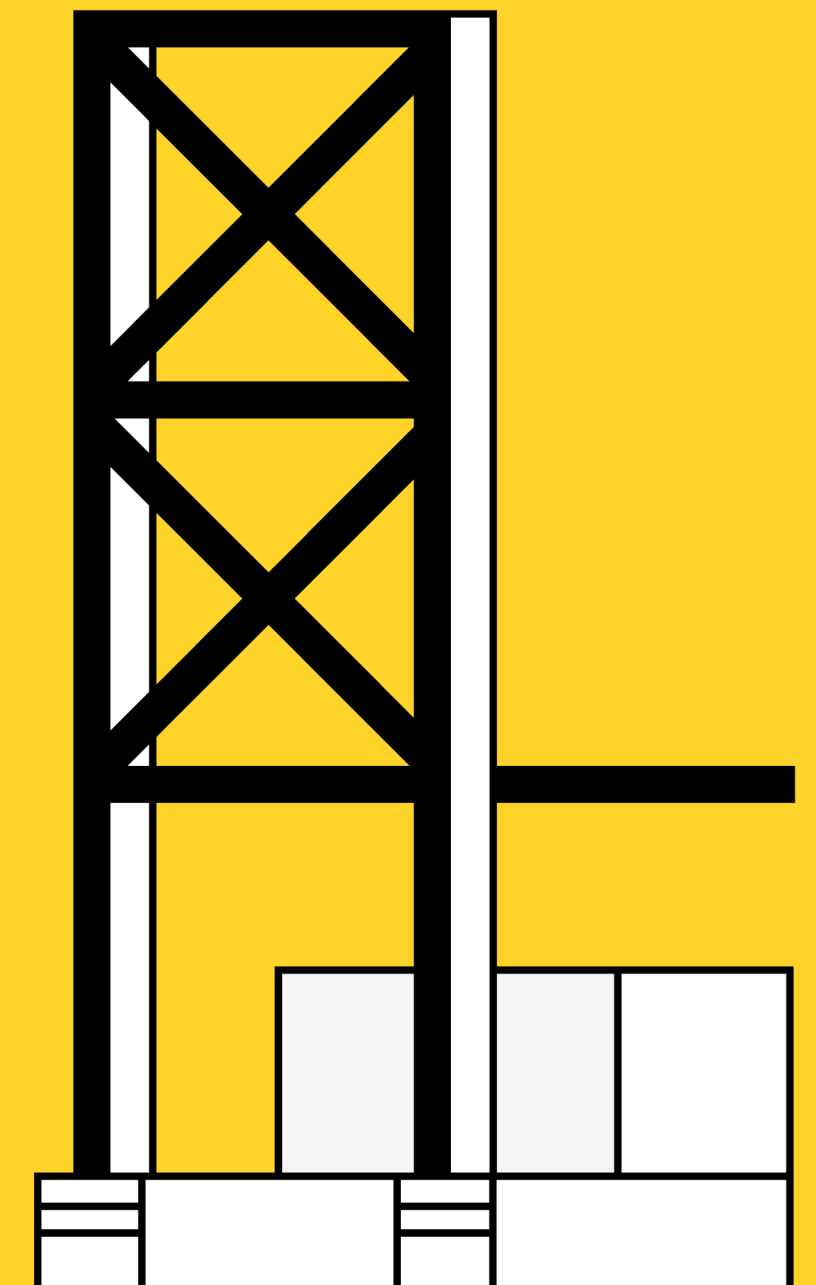
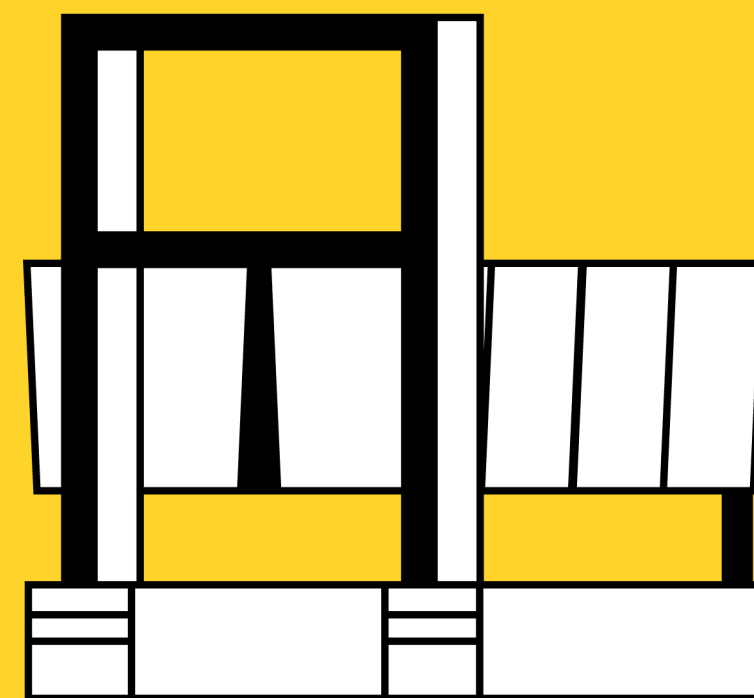
# Какое решение идеальное и универсальное?

Его нет

1. Все зависит от бизнеса
2. Главное — объять  
нужный поток операций
3. Кусочные решения на 10%  
ассортимента неинтересны
4. Для этого нужна масштабная система  
(рой роботов, автоматизированный  
блок, конечный модуль)



?



# Что можно сделать универсальным?

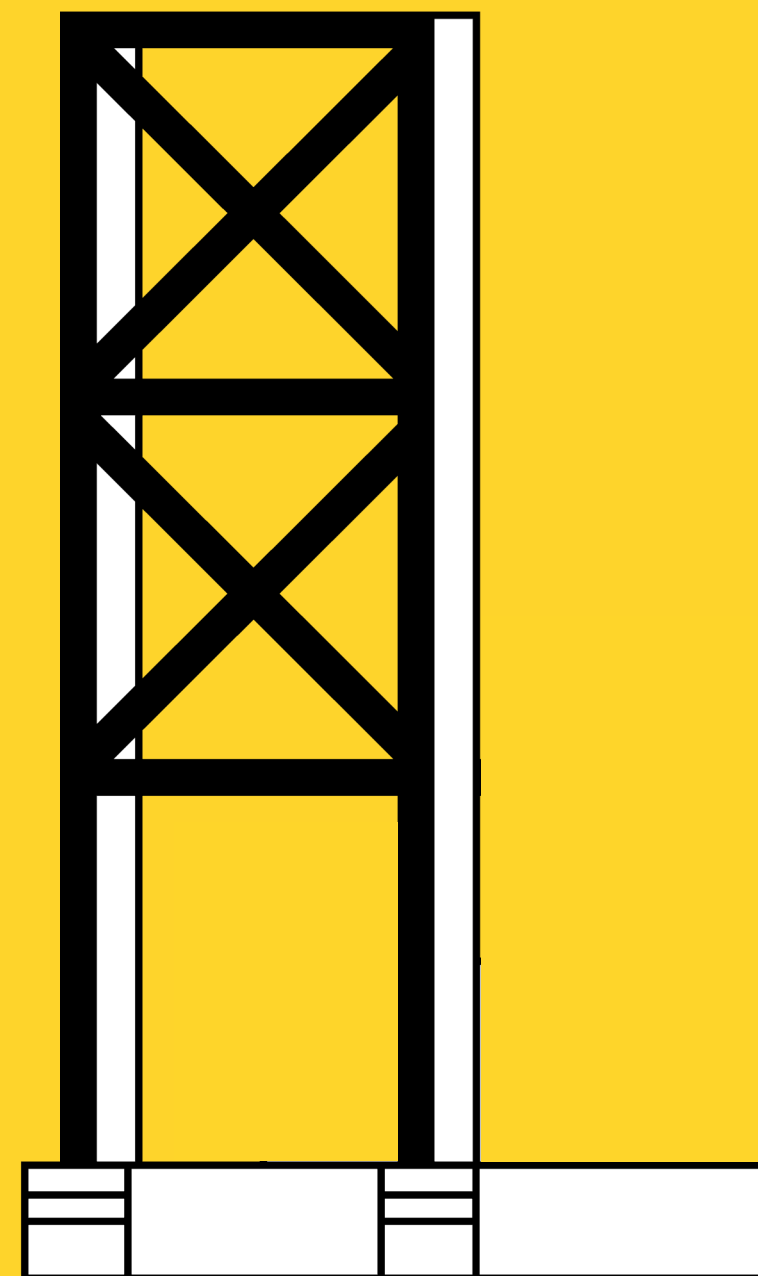


Мобильная  
платформа

# Что можно сделать универсальным?



Мобильная платформа

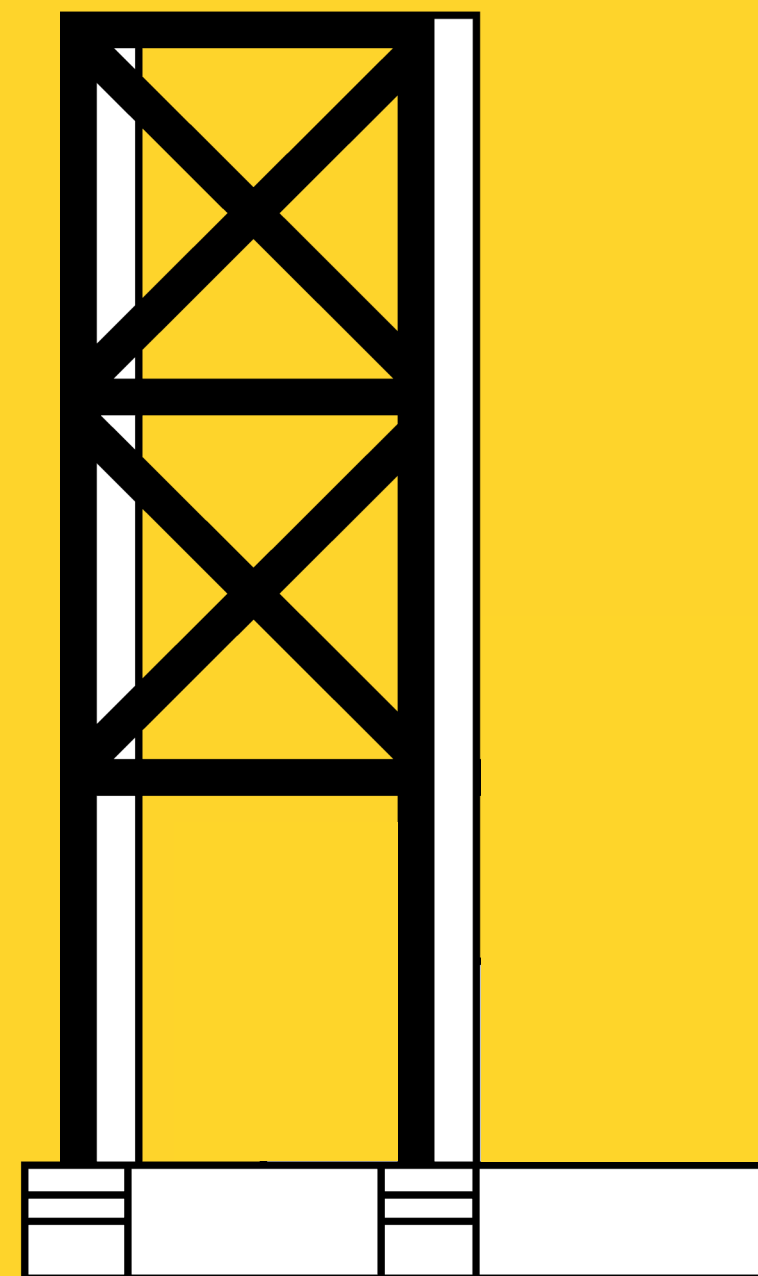


Робот "Spectro"

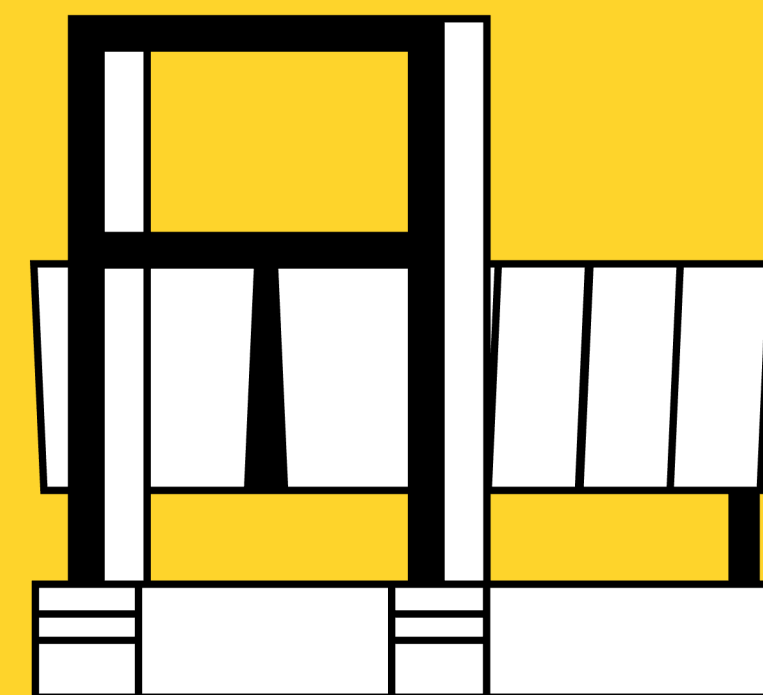
# Что можно сделать универсальным?



Мобильная платформа



Робот "Spectro"

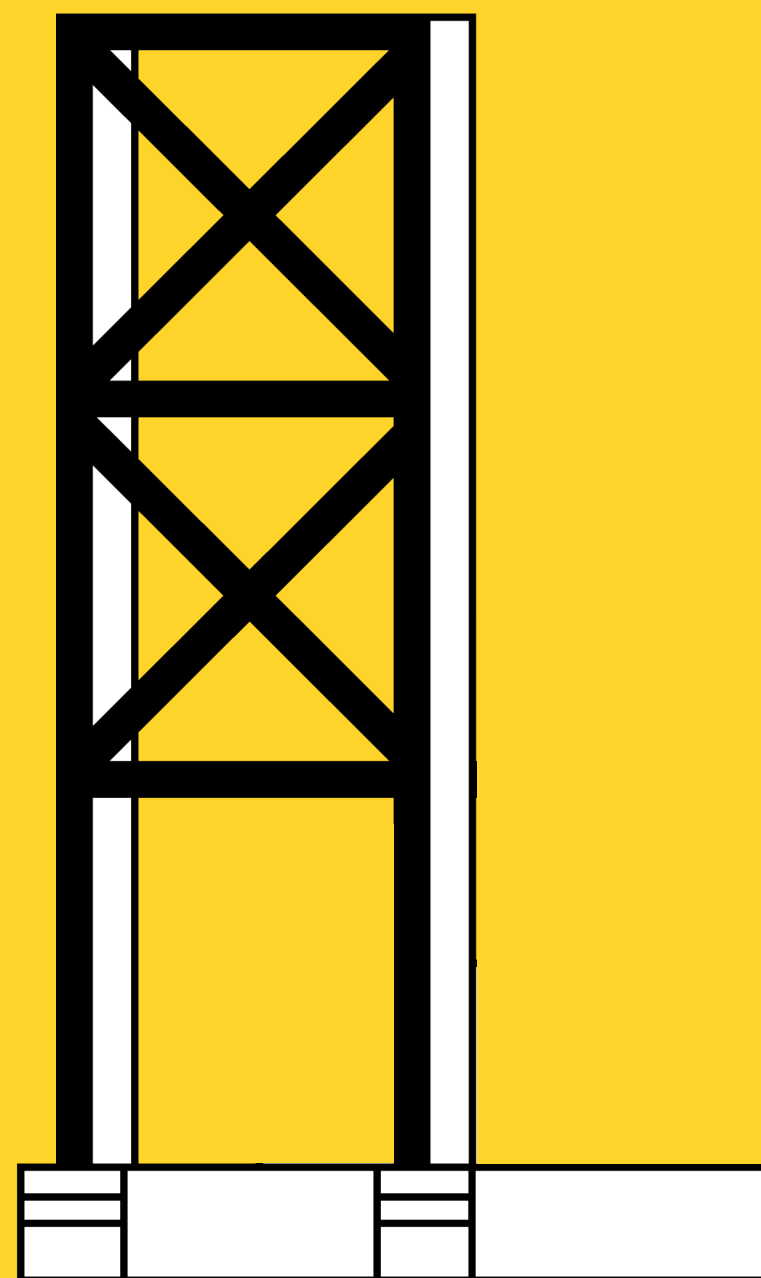


Робот "Motus"

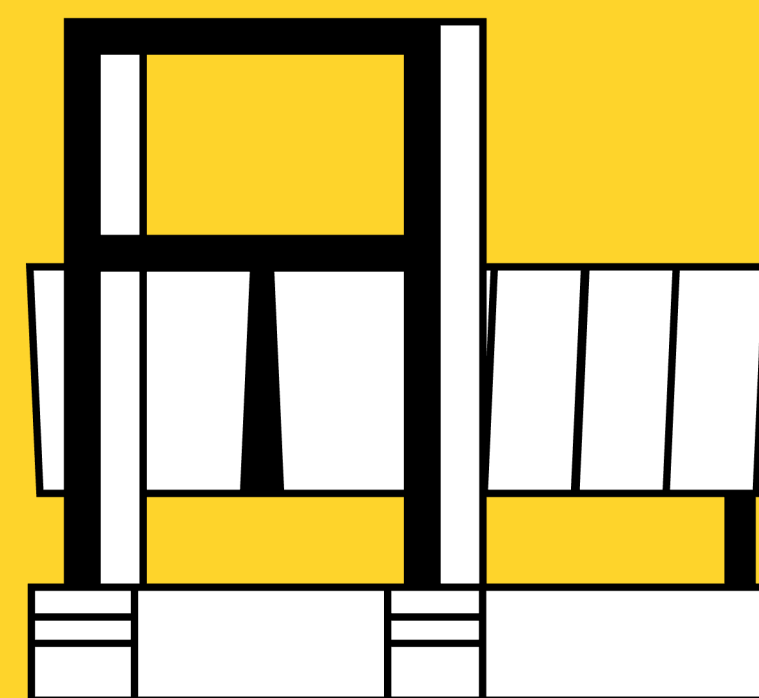
# Что можно сделать универсальным?



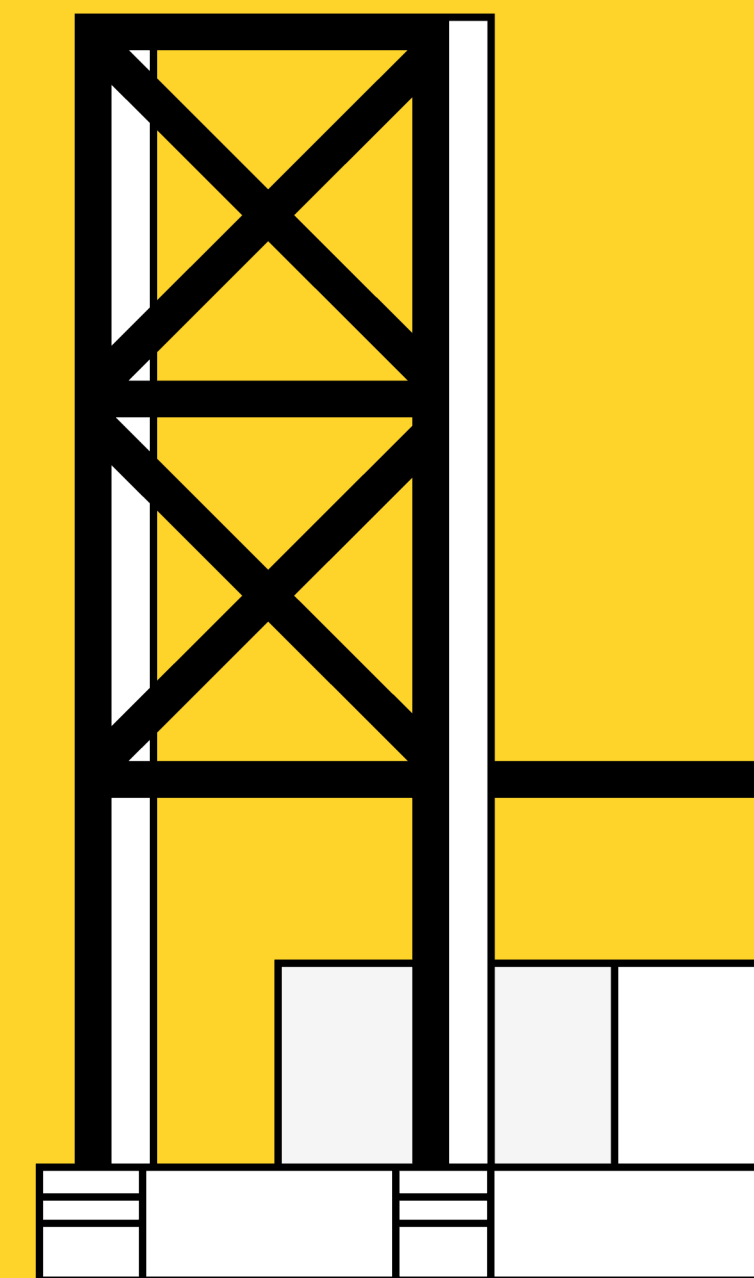
Мобильная платформа



Робот "Spectro"



Робот "Motus"



Робот "Dilectus"



# Спектро — робот-инвентаризатор

## Спецификации

### Автономность

20 000 м<sup>2</sup> за 2 часа

### ReadRate

По нетронутым палетам 100%

### Накат

~4000 км

### TotalScan

100к+ палет на ежедневной основе

### Метки

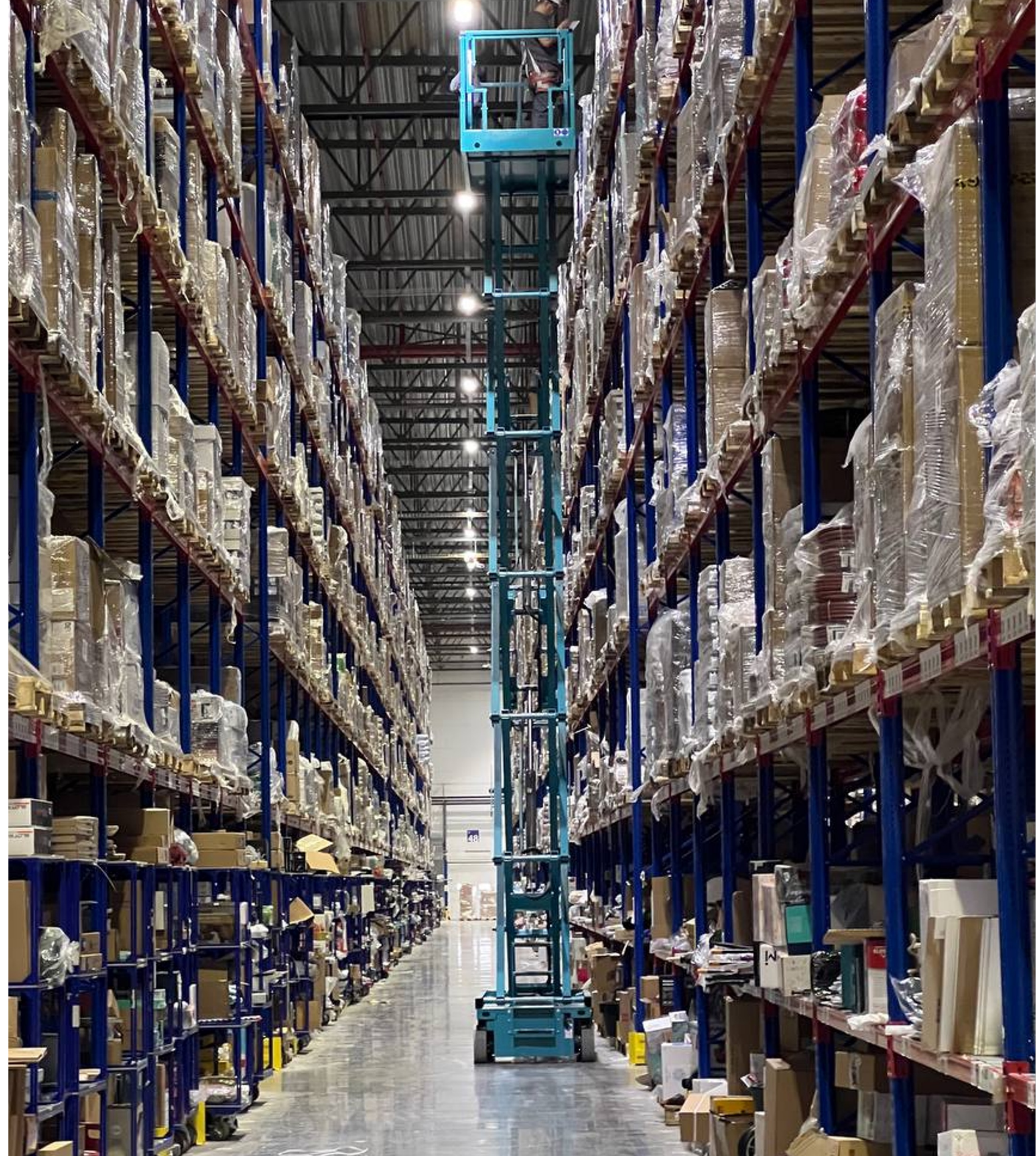
Основной стек на QR-кодах

### Высота

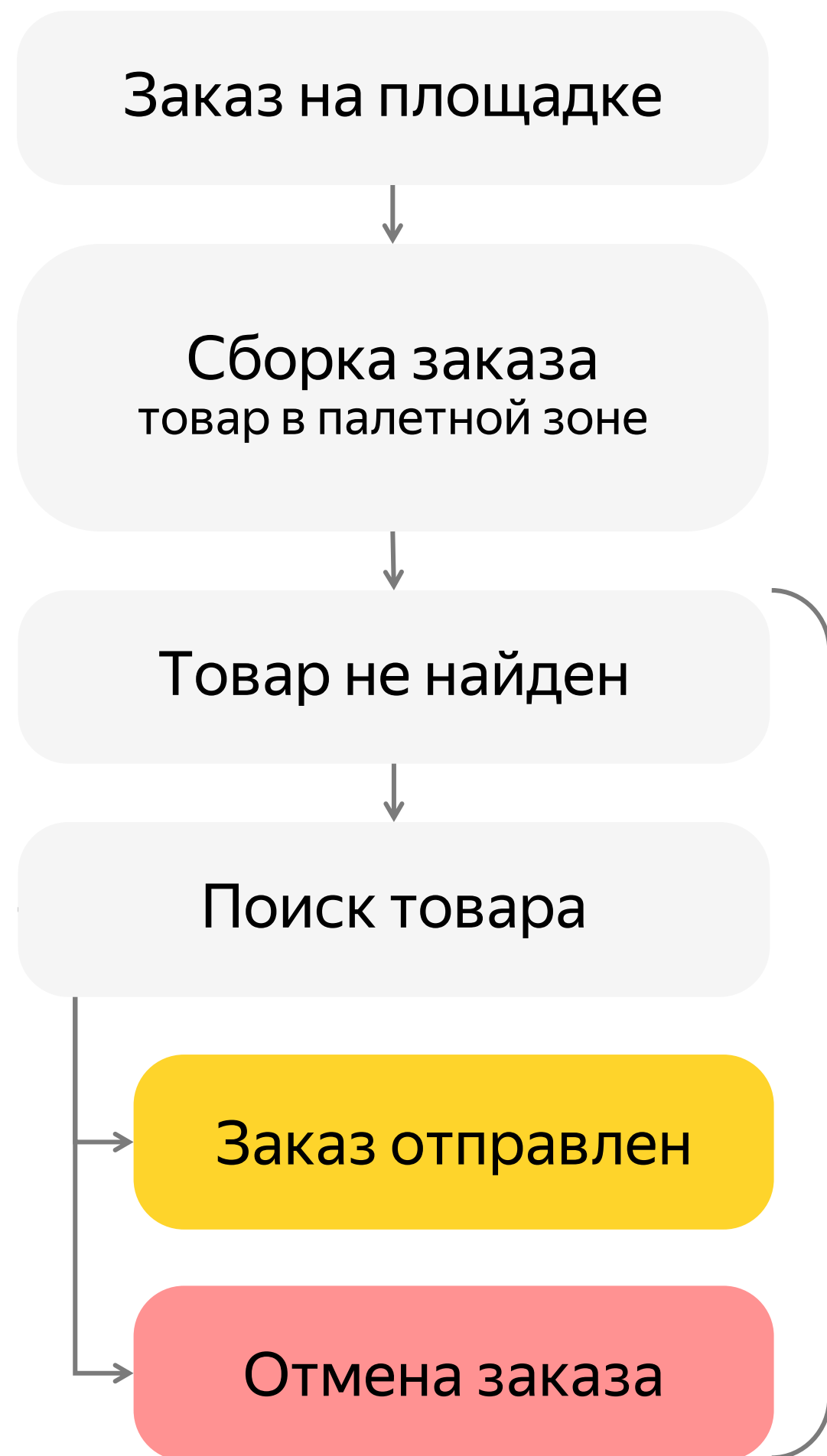
12 метров



# А зачем?

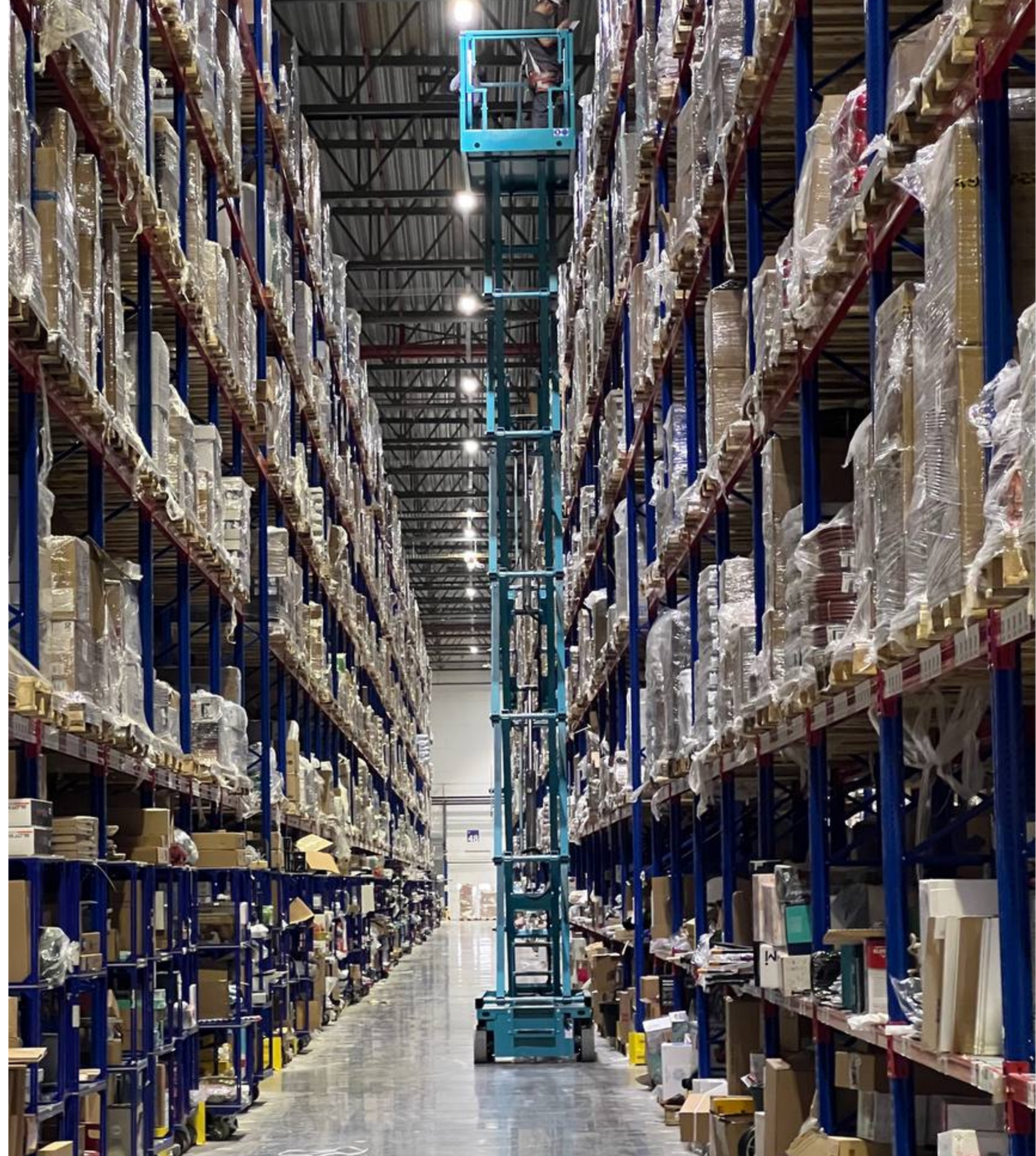


# А зачем?



Что делать, чтобы  
такого было меньше?

- Циклическая инвентаризация
- Человек актуализирует сток
- $\approx 300$  палето-мест в день одним человеком, а всего 20+ тыс.



# Что делает человек?

1

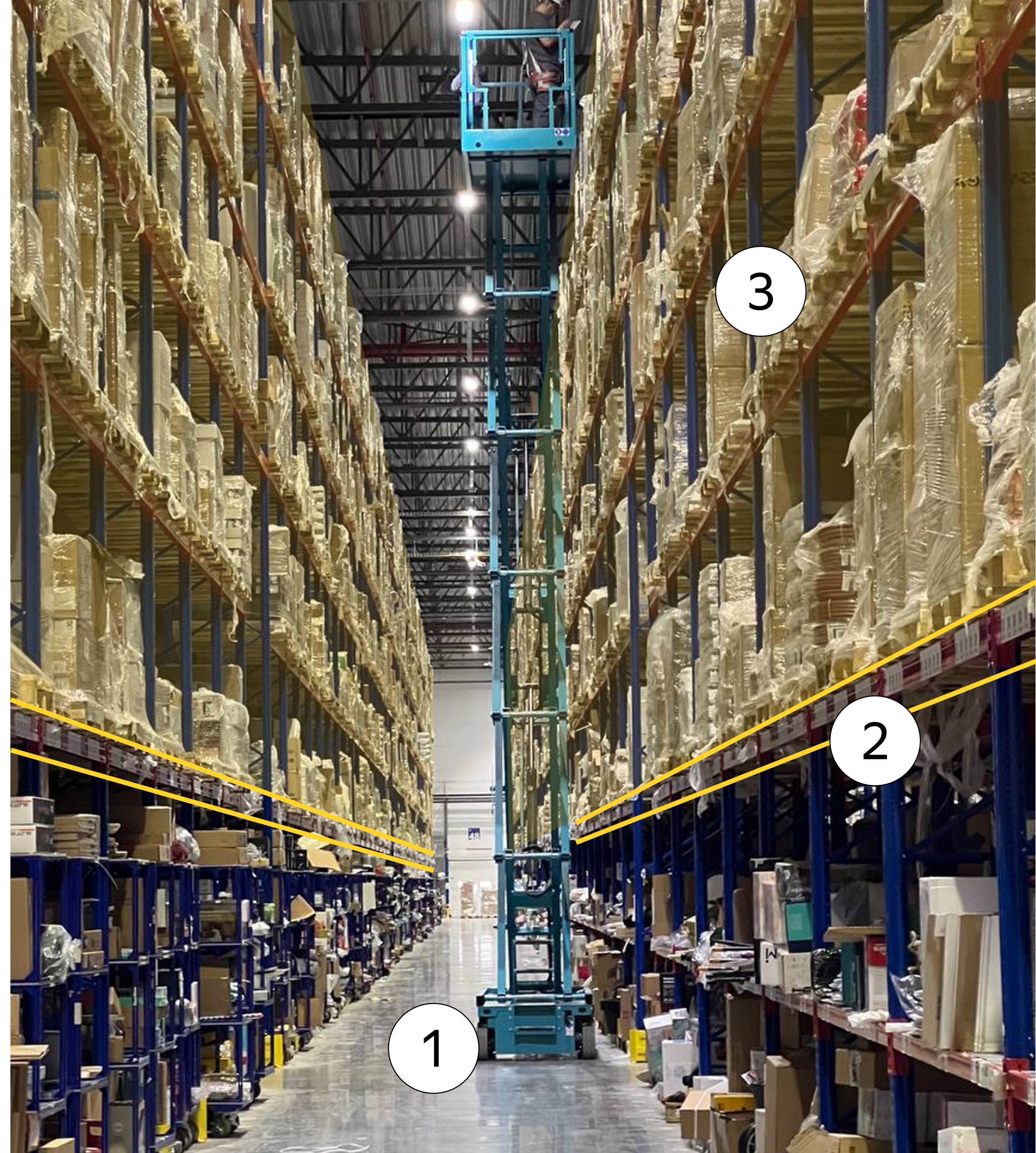
Подъехать к месту из маршрута с задачами

2

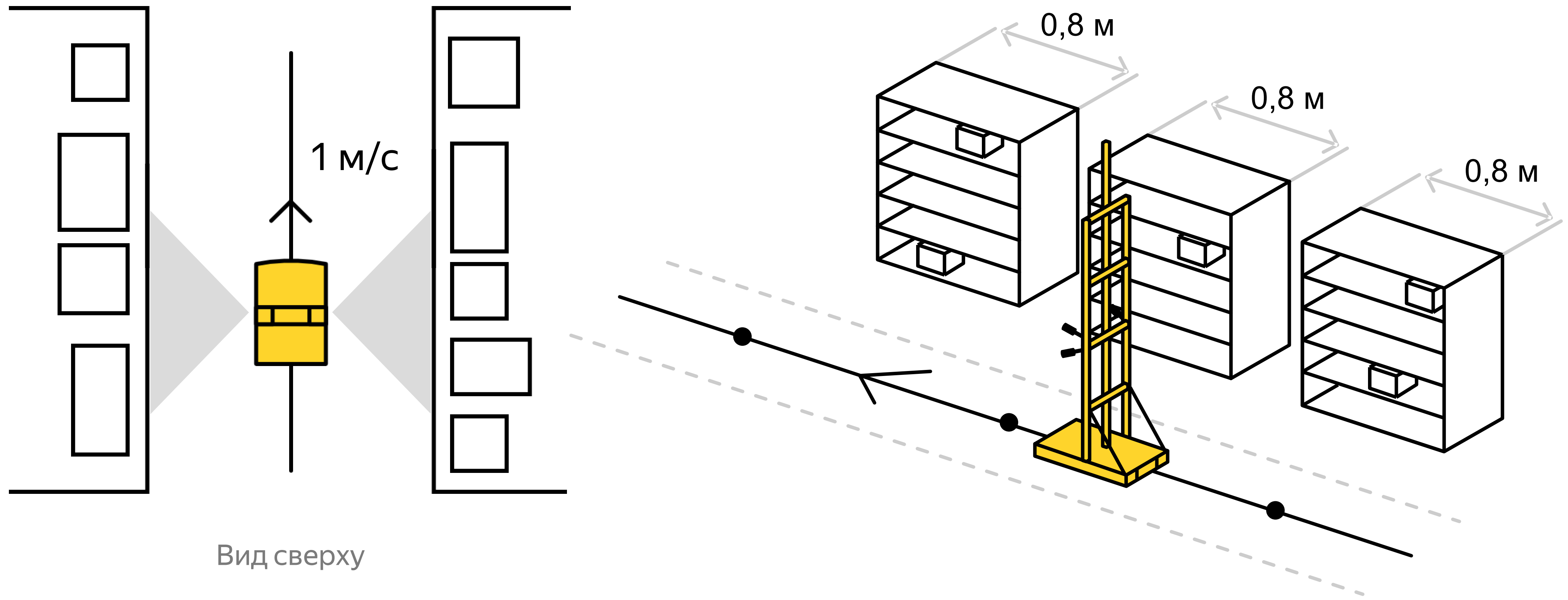
Отсканировать палето-место, наклеенное на балке

3

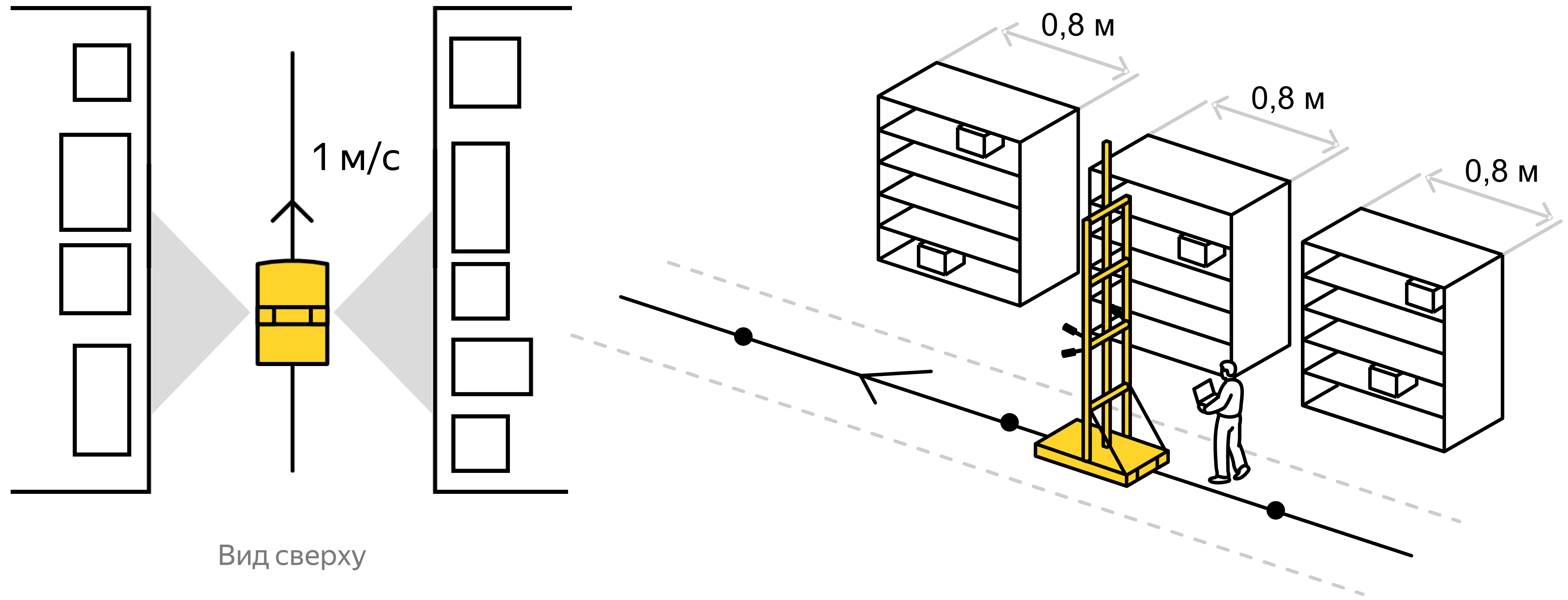
Отсканировать этикетку с кодом с палеты



# Принцип работы робота



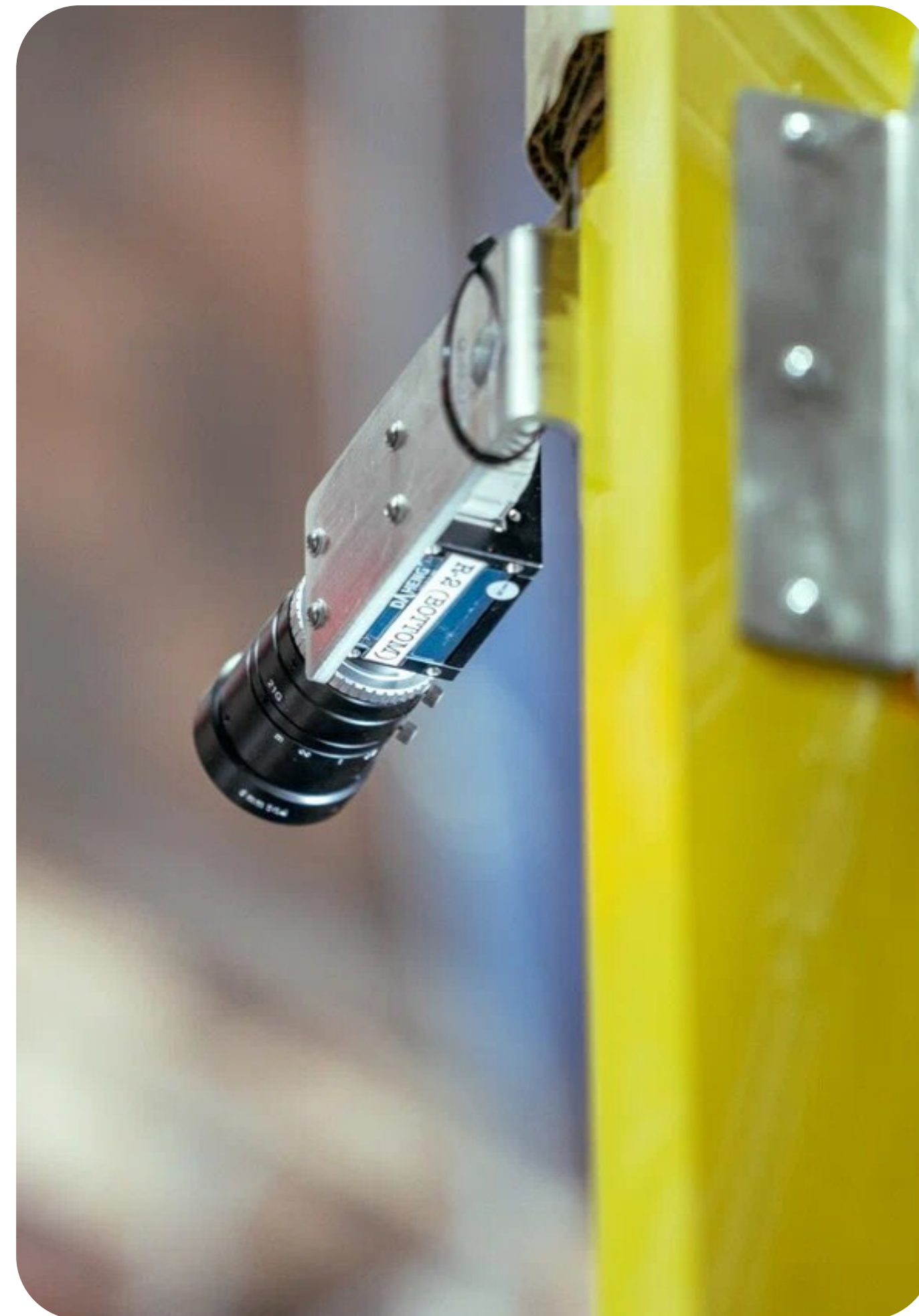
# Принцип работы робота



# Камеры

## Промышленная камера

- 10 камер (по 5 на каждую сторону)
- Разрешение 1104x2448
- 5 кадров в секунду  
(100+ Мбит/с на камеру)



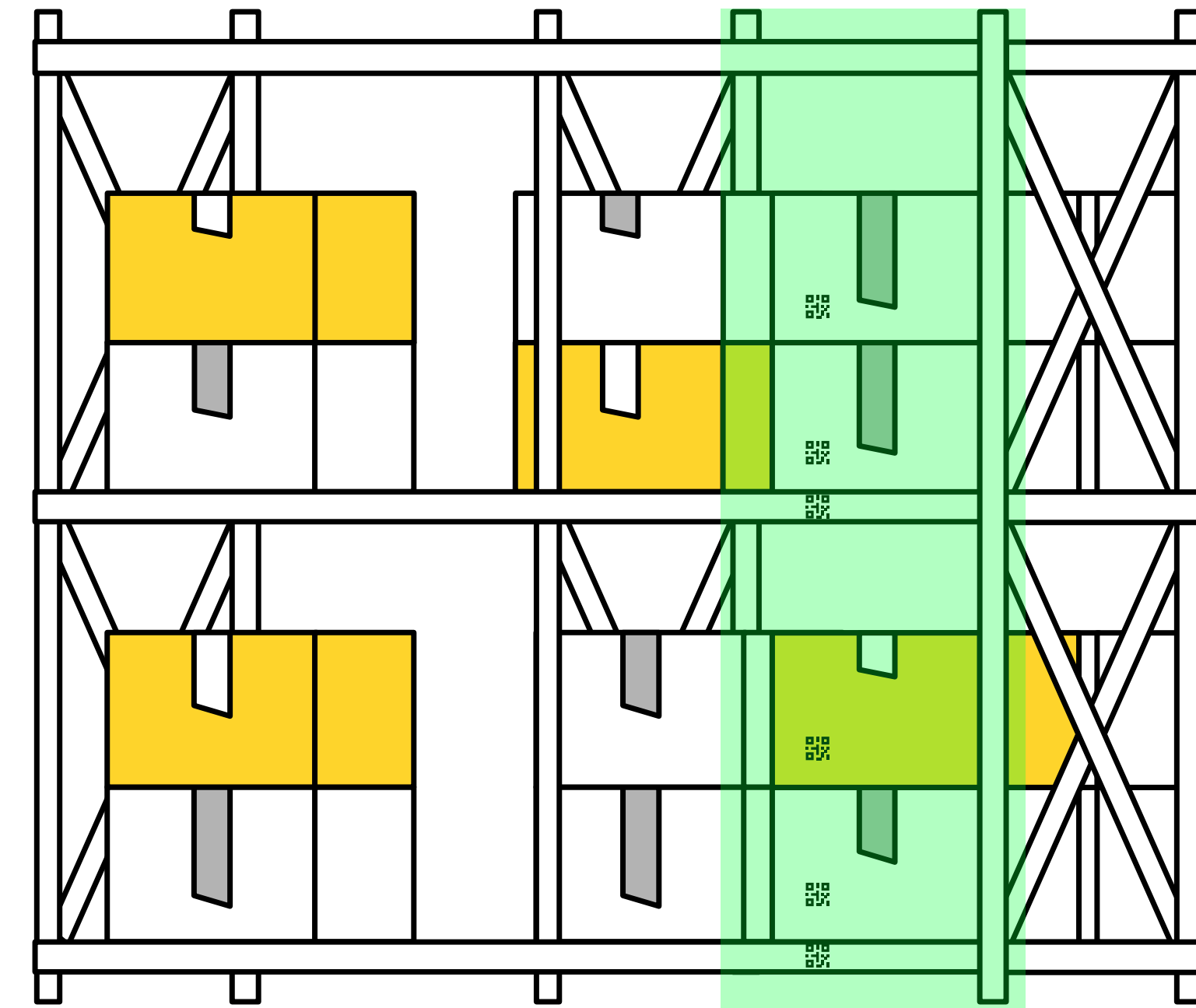
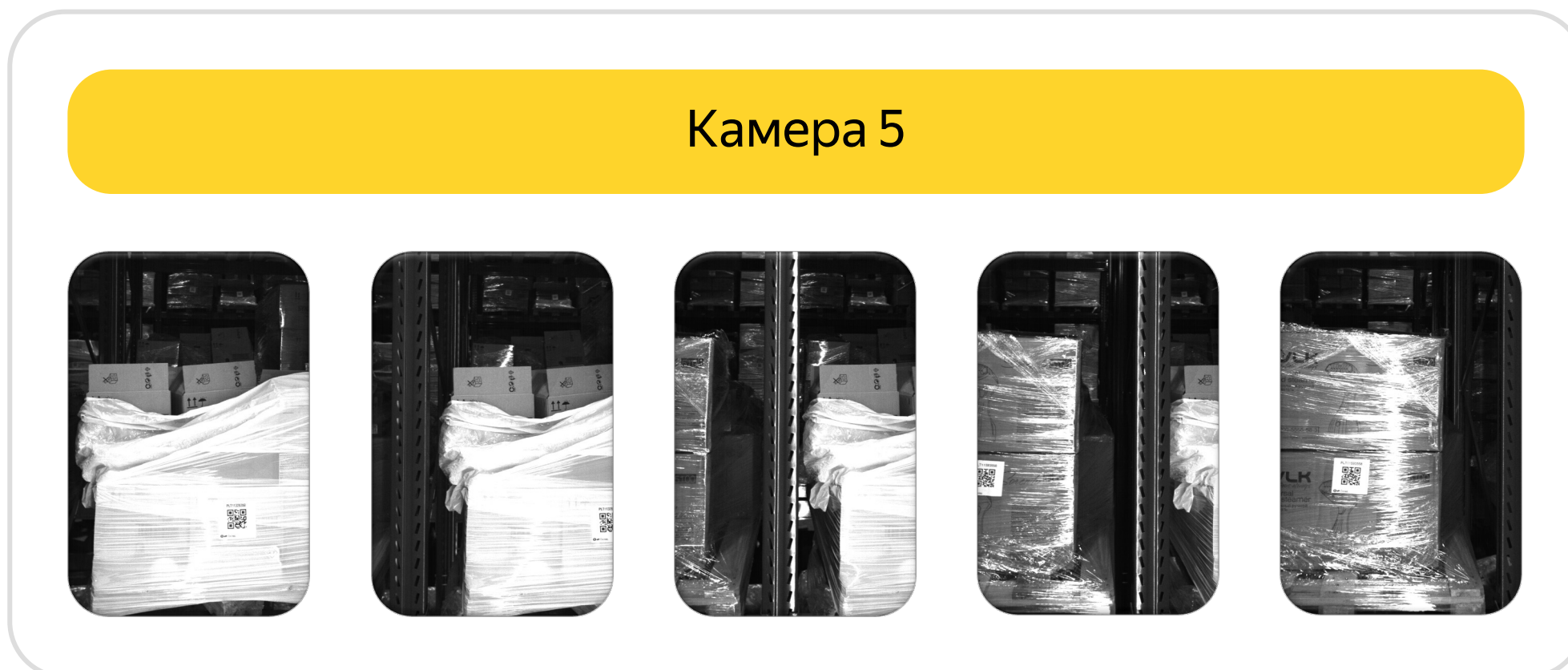
# Обработка кадров





# Получение кадров

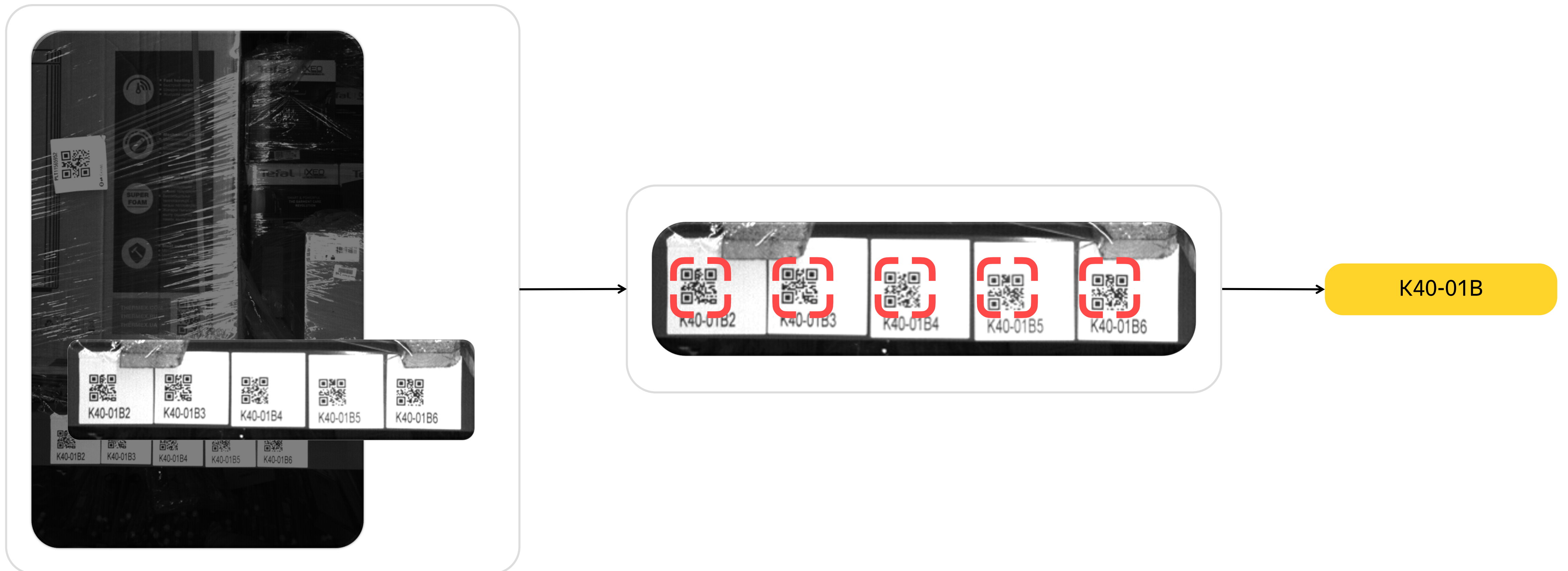
Этап 1



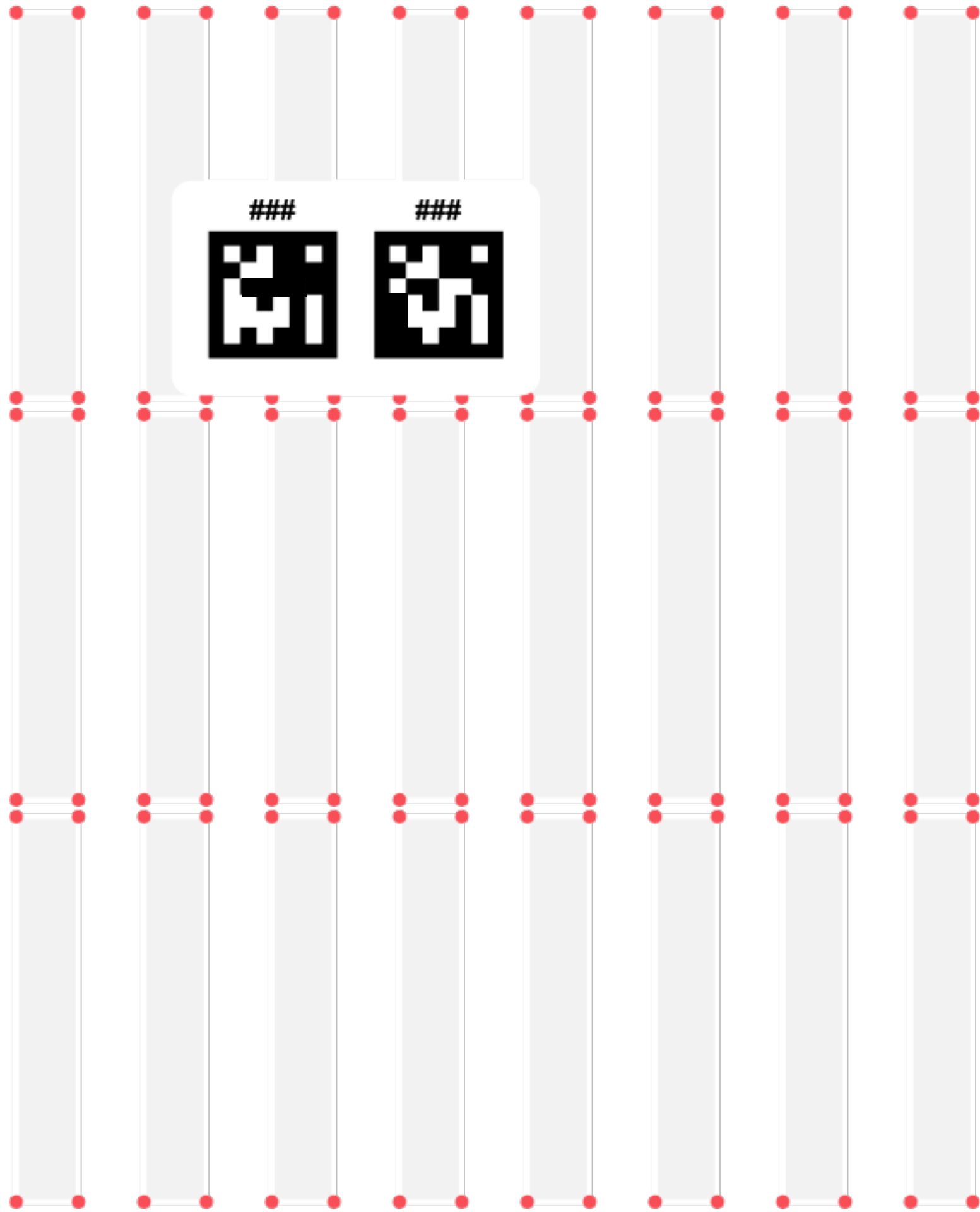
\*кадры синхронизированы

# Определение палето-места

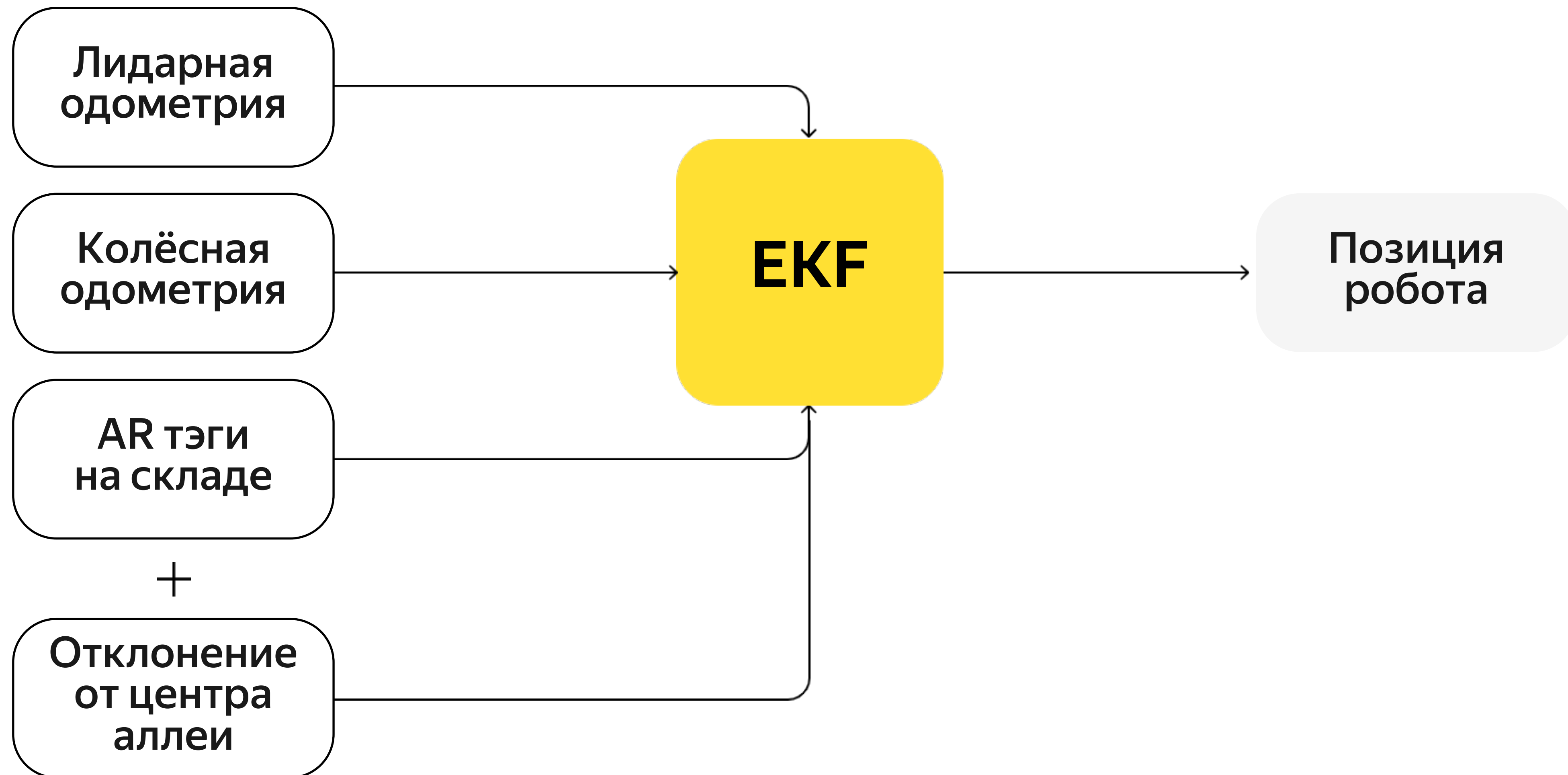
Этап 2



# А как робот понимает, где он?



# Работа локализации



# Определение палето-места

Этап 2



Модуль управления роботом

Позиция и место

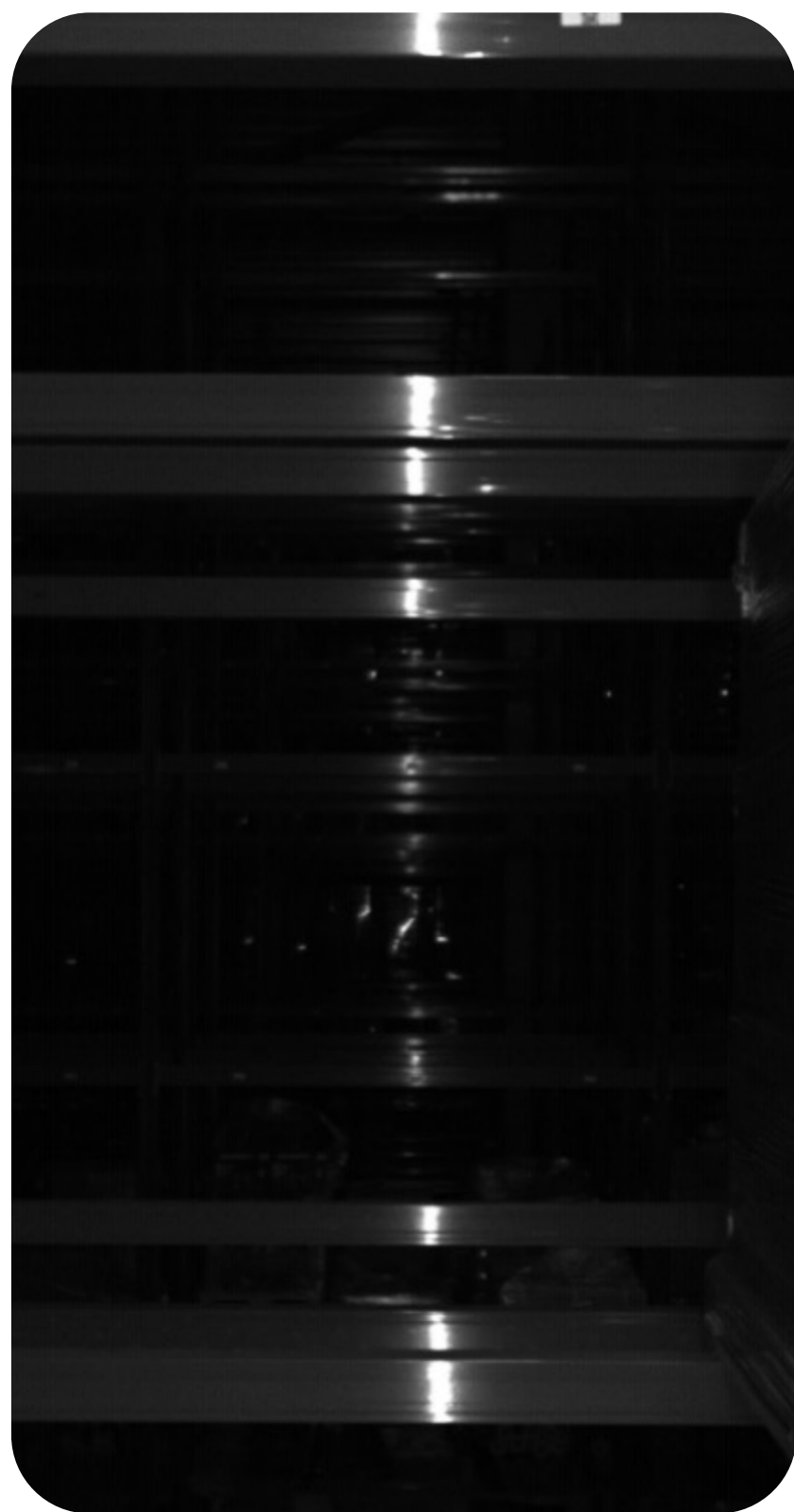
Приложение инвентаризации

Место: K45-13C

```
stamp:  
  sec: 1698826729  
  nanosec: 92972040  
robot_position:  
  x: 134.07270  
  y: 131.59160  
  theta: 1.57446  
shift_linear: 0.01062  
shift_angle: 0.00366  
pallets:  
  left_pallet: K45-13C  
  right_pallet: K46-13C  
  distance_delta_y: 0.33973
```

# Классификатор наличия палеты

Этап 3

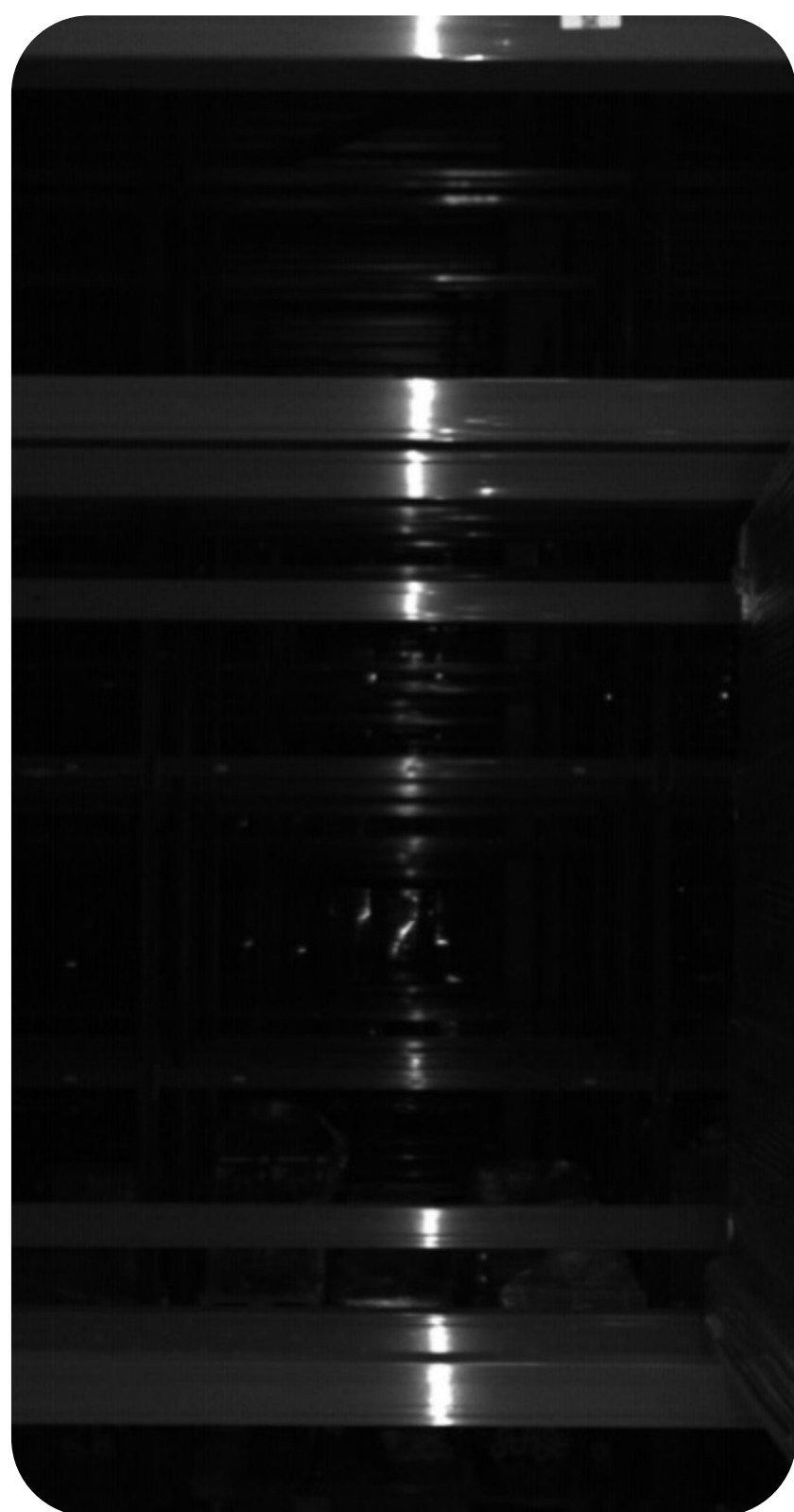


Палета отсутствует

Палета в кадре

# Классификатор наличия палеты

Этап 3



Палета отсутствует

Палета в кадре



Размеченные данные

Обучение

Модель

# Классификатор наличия палеты

Этап 3



Палета отсутствует

Палета в кадре



Размеченные данные

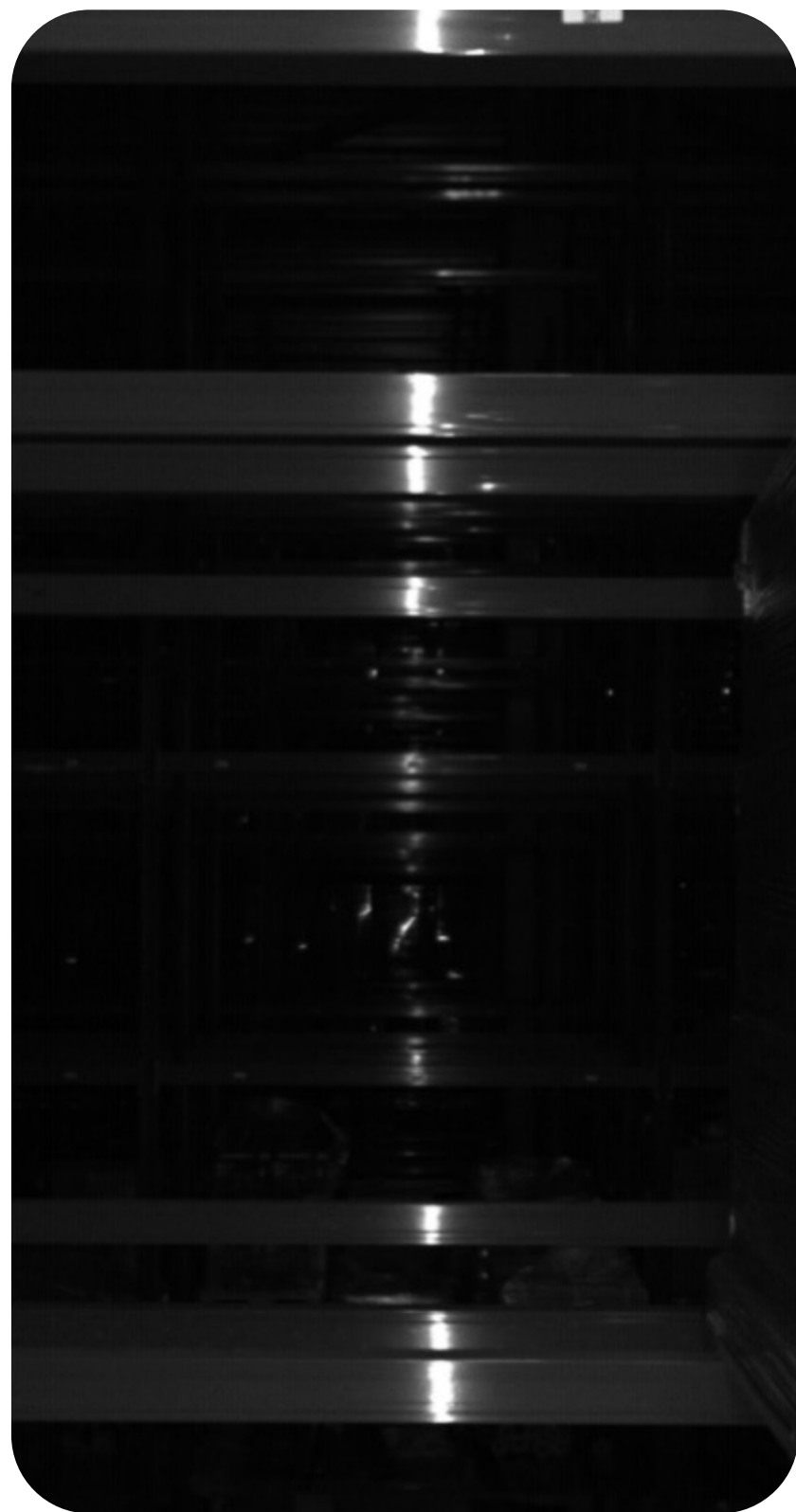
Обучение

Модель



# Классификатор наличия палеты

Этап 3



Палета отсутствует



Палета на заднем плане



Палета спереди



Размеченные данные



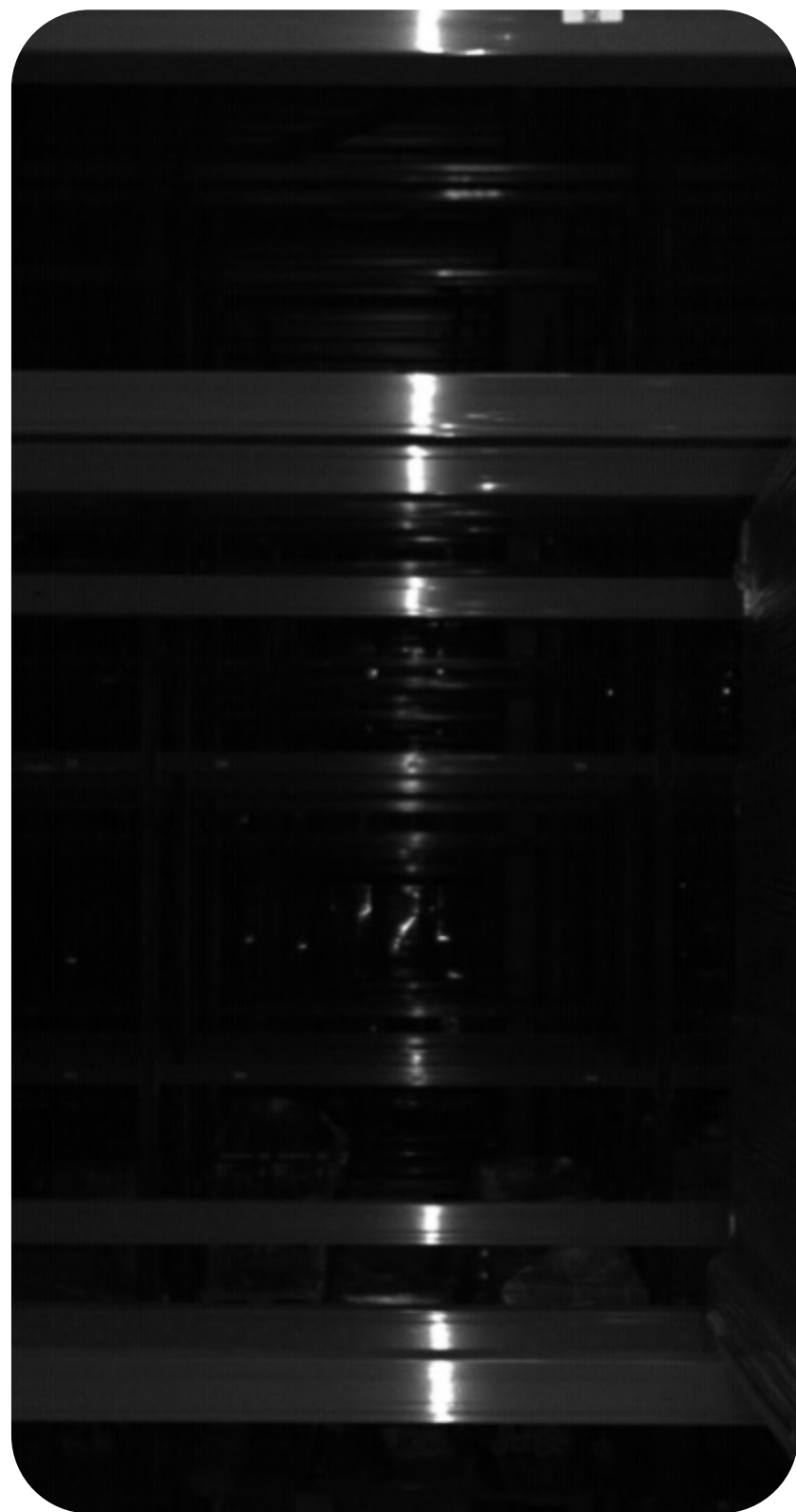
Обучение



Модель

# Классификатор наличия палеты

Этап 3



Палета отсутствует



Палета на заднем плане



Палета спереди



Размеченные данные



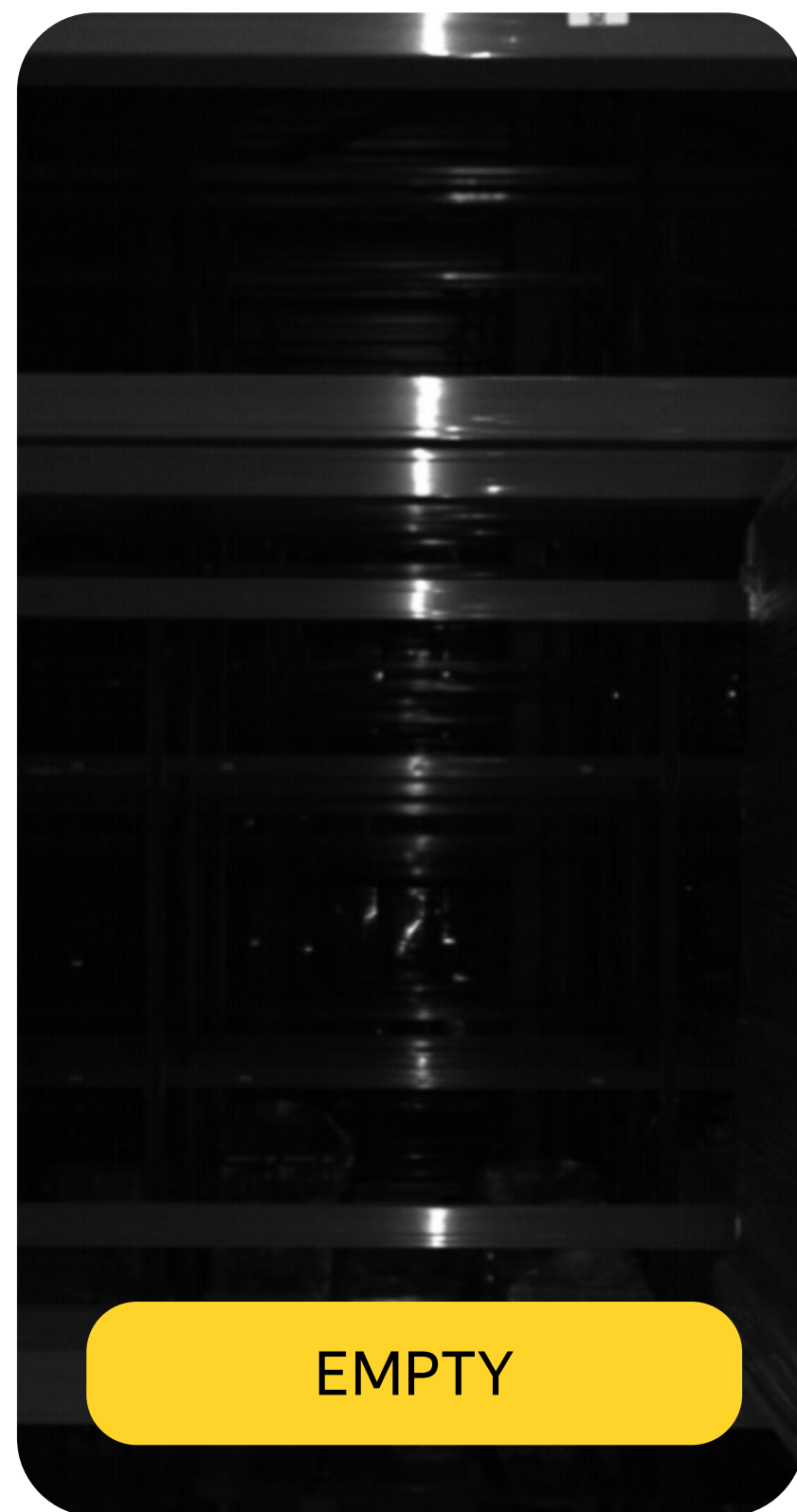
Обучение



Модель

# Классификатор наличия палеты

Этап 3



Палета отсутствует



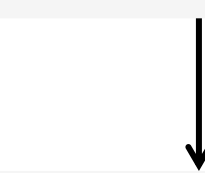
Палета на заднем плане



Палета спереди



Размеченные данные



Обучение



Модель

# Детектор РЛТ-меток

Этап 4



## Задача

Распознать РЛТ-метку  
на изображении с камеры

# Детектор РLТ-меток

Этап 4



## Задача

Распознать РLТ-метку на изображении с камеры

## Варианты

Найти и распознать OpenSource декодером QR-кодов

# Детектор РLТ-меток

Этап 4



## Задача

Распознать РLТ-метку на изображении с камеры

## Варианты

Найти и распознать OpenSource декодером QR-кодов

# Детектор PLT-меток

Этап 4



## Задача

Распознать PLT-метку на изображении с камеры

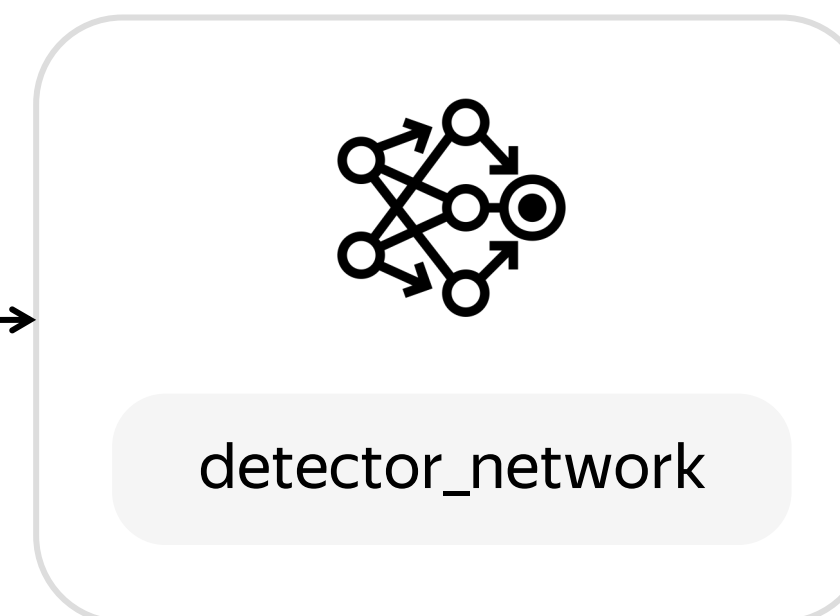
## Варианты

Найти и распознать OpenSource декодером QR-кодов

Уточнить позицию метки — после чего декодировать её

# Детектор РЛТ-меток

Этап 4



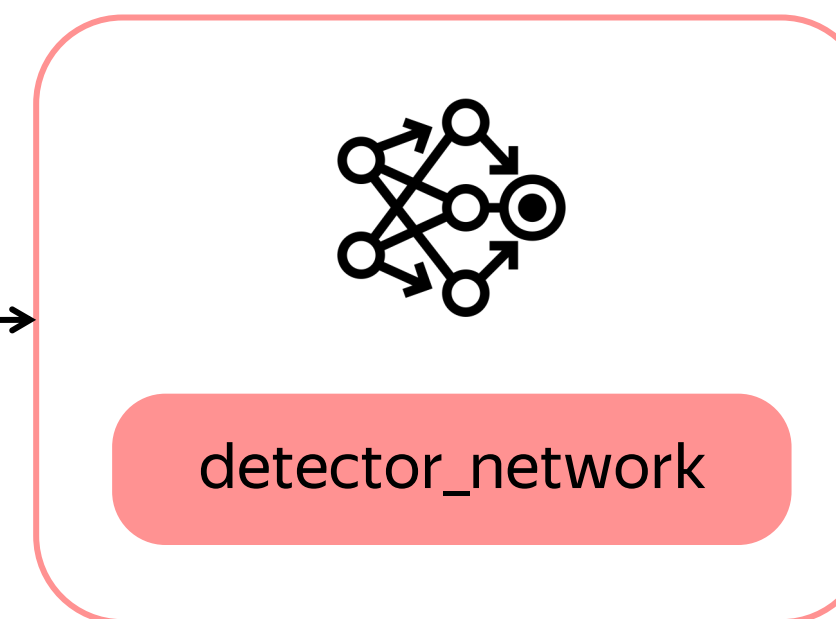


# Детектор РЛТ-меток

Этап 4

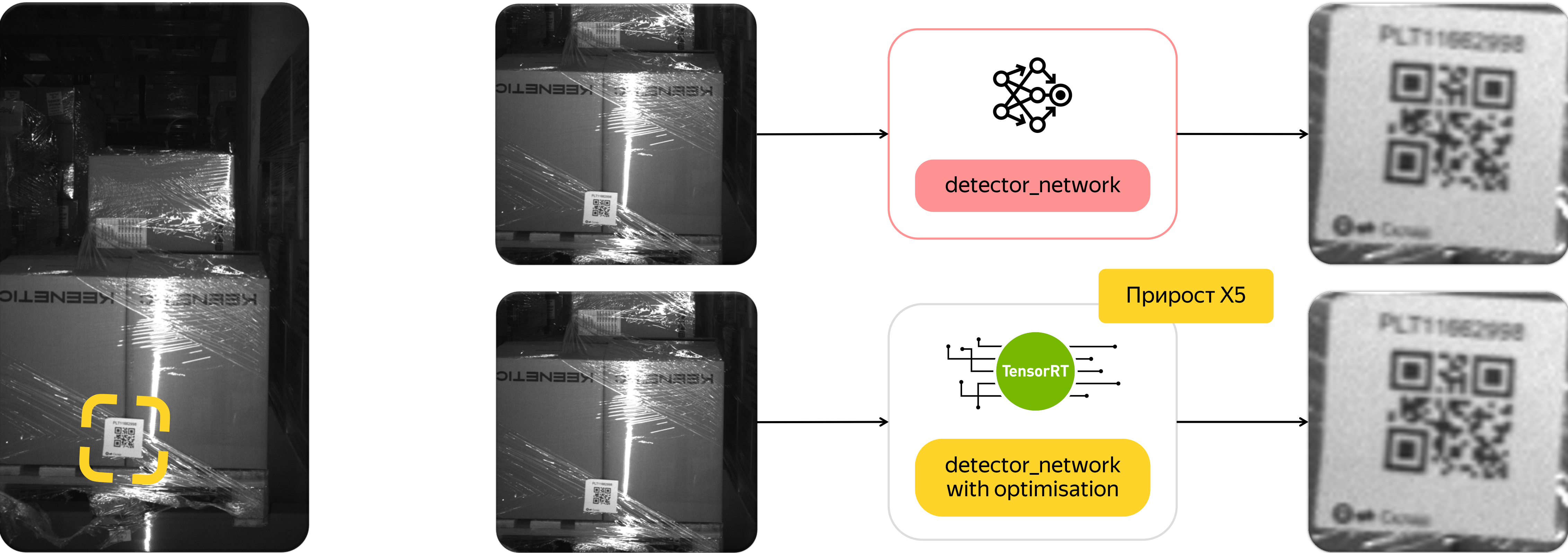


Очень медленно!



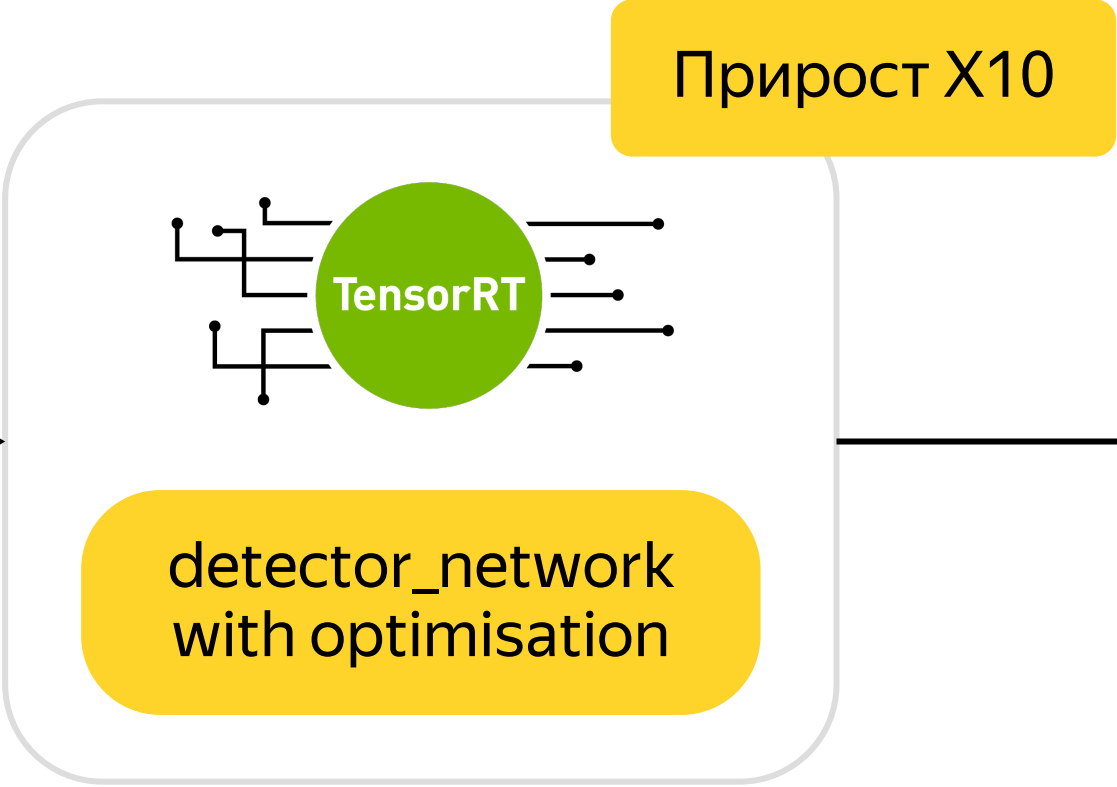
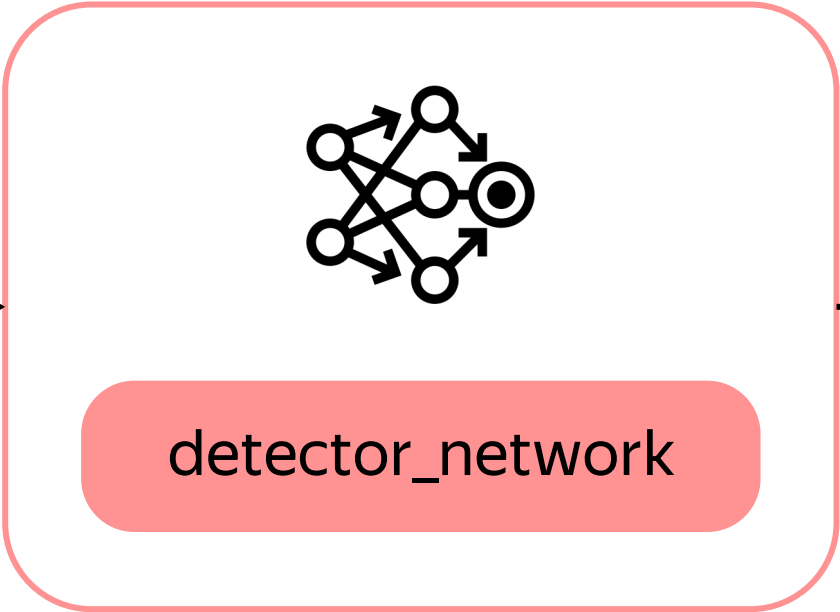
# Детектор PLT-меток

Этап 4



# Детектор PLT-меток

Этап 4



Прирост X10



 + батчевание

# Декодер меток

Этап 5



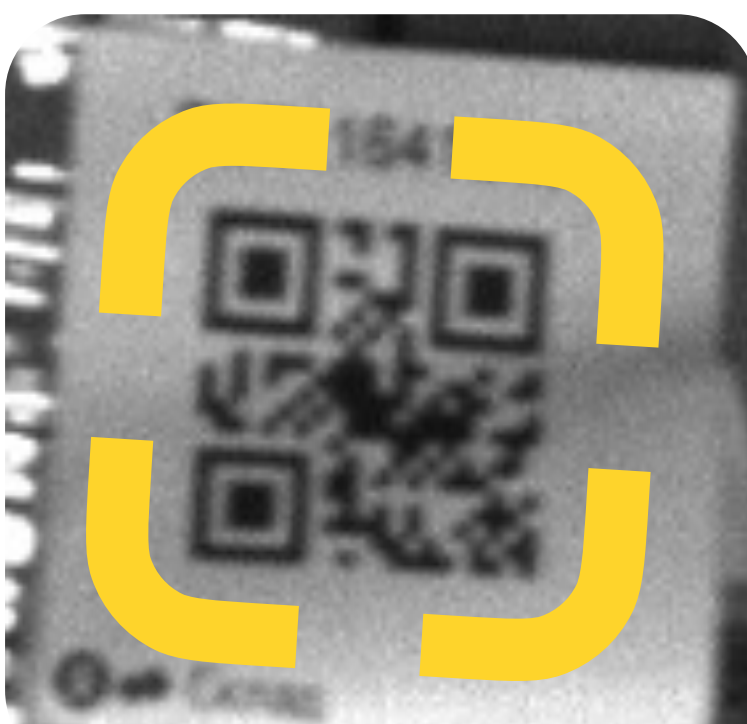
PLT11572955



PLT1162177



CART59115



PLT11541649

# Декодер меток

Этап 5



PLT11572955



PLT1162177



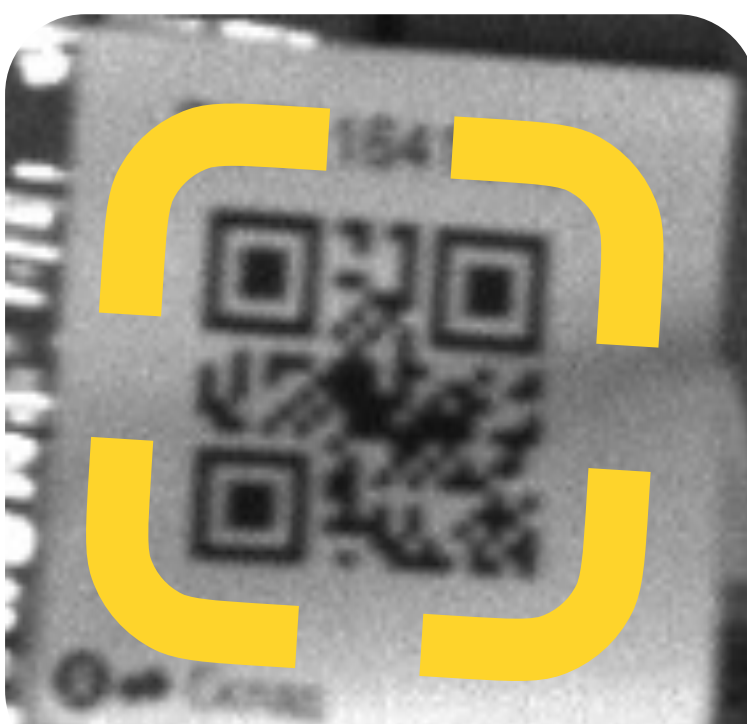
NOREAD



NOREAD



CART59115



PLT11541649

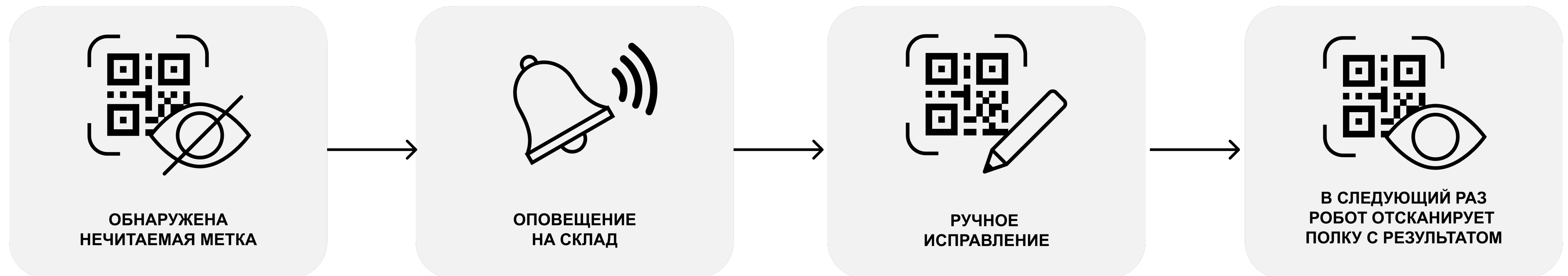


NOREAD



NOREAD

# А что мы делаем с NOREAD?



# Агрегация результата

Этап 6



Резолюция

LABEL

PLT11294848

K25-37B2

# Сохранение результатов

| <i>Палето-место</i> | <i>Результат сканирования</i> | <i>Статус сканирования</i> | <i>Фото палето-места</i>  | <i>Фото PLT-метки</i>   |
|---------------------|-------------------------------|----------------------------|---|---|
| K45-19C4            | PLT11351690                   | LABEL                      |    |    |
| K46-11B6            | PLT11682536                   | LABEL                      |  |  |
| K45-19C3            | –                             | EMPTY                      |  |   |

Сохранить в CSV



# Read rate

**Количество успешных сверок**

---

**Общее количество паллето-мест**

# Read rate

Количество успешных сверок

Общее количество паллето-мест

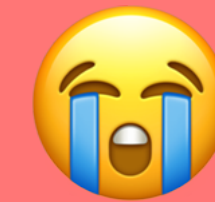
≈15%

# Read rate

Количество успешных сверок

Общее количество паллето-мест

≈15%



# А что случилось?

QR Decoder

Детектор QR-кодов

Регионы

Декодер QR-кодов



# А что случилось?

QR Decoder



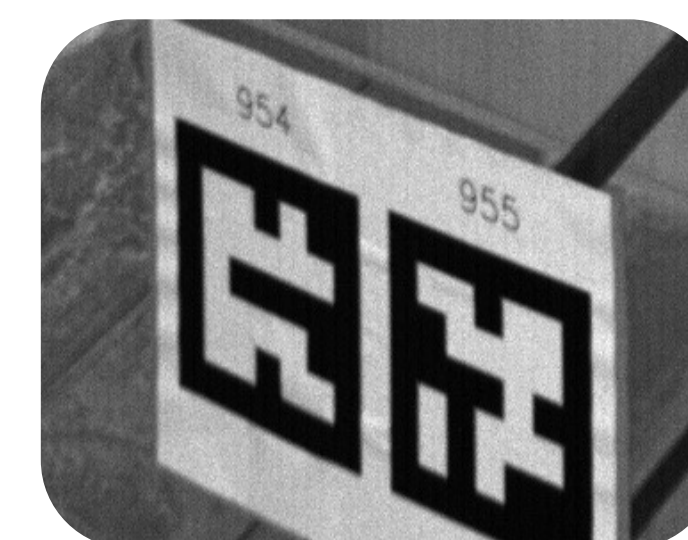
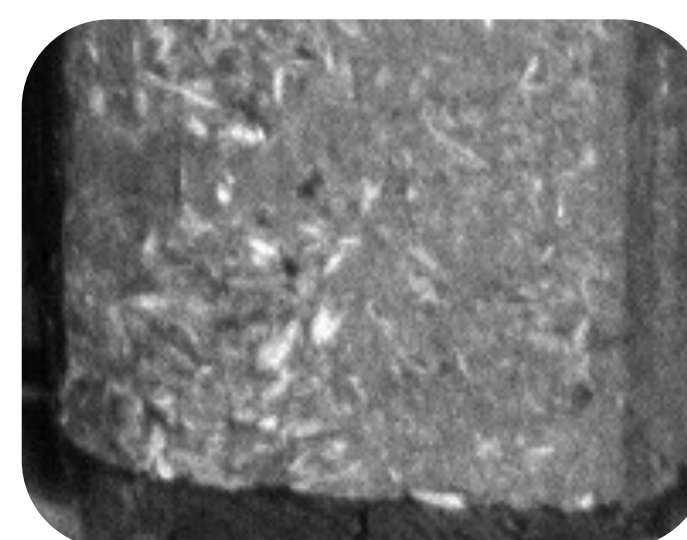
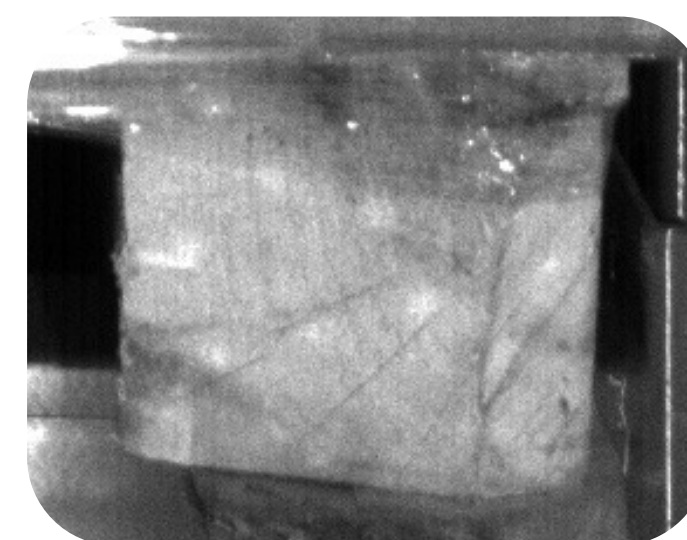
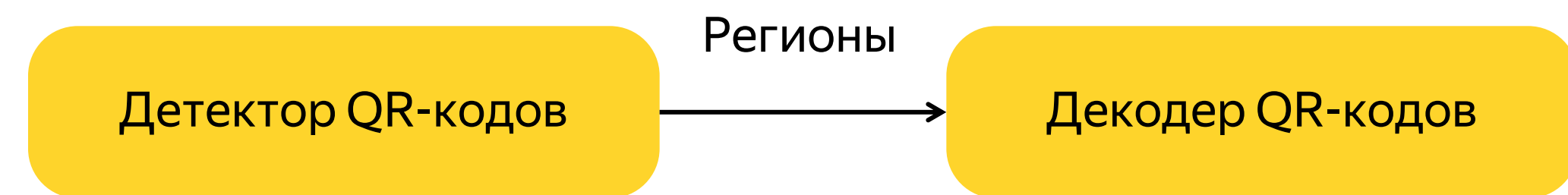
# А что случилось?

QR Decoder



# А что случилось?

QR Decoder



# И как решили?

QR Decoder

Детектор QR-кодов

Регионы

Декодер QR-кодов

Patched QR Decoder

Свой детектор  
QR-кодов

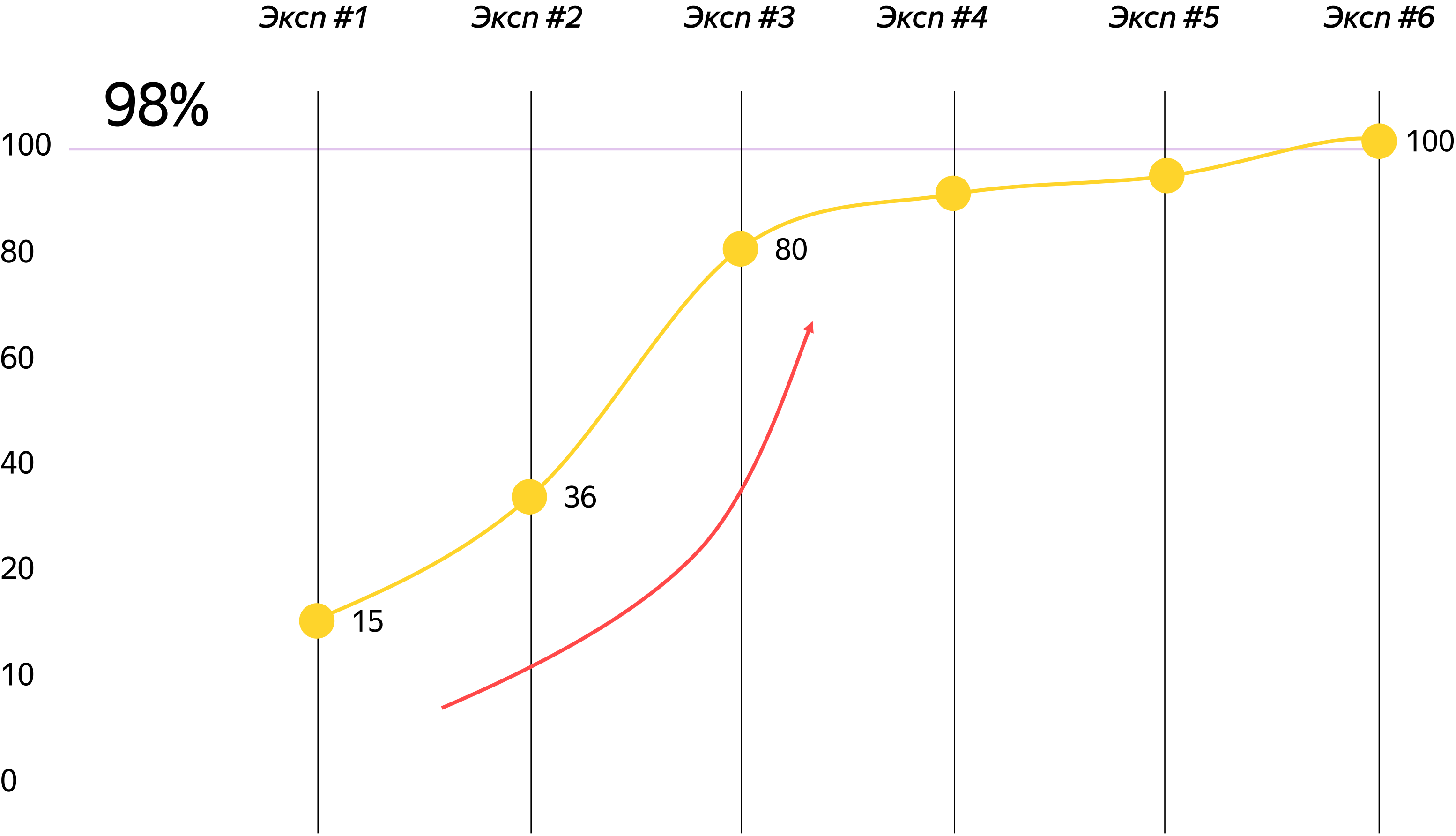
Регионы

Декодер QR-кодов





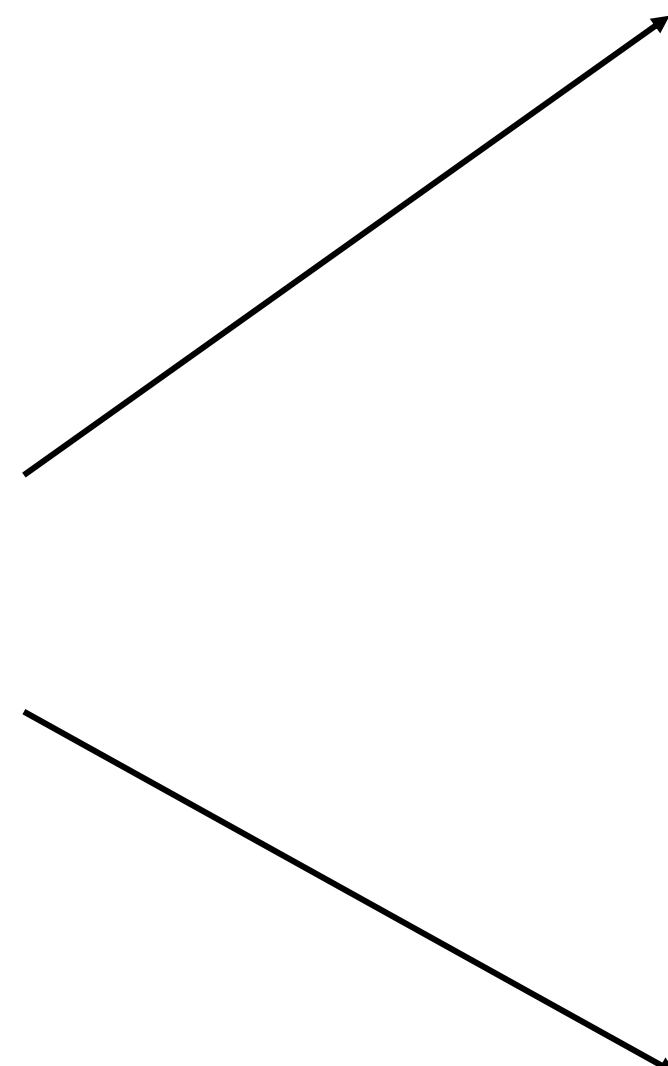
# Динамика изменения Read rate



**98%**

Целевая метрика

# Другие проблемы с перфом



ImageCrop #1

ProcessingTime:  
145ms  
???

**NOREAD**

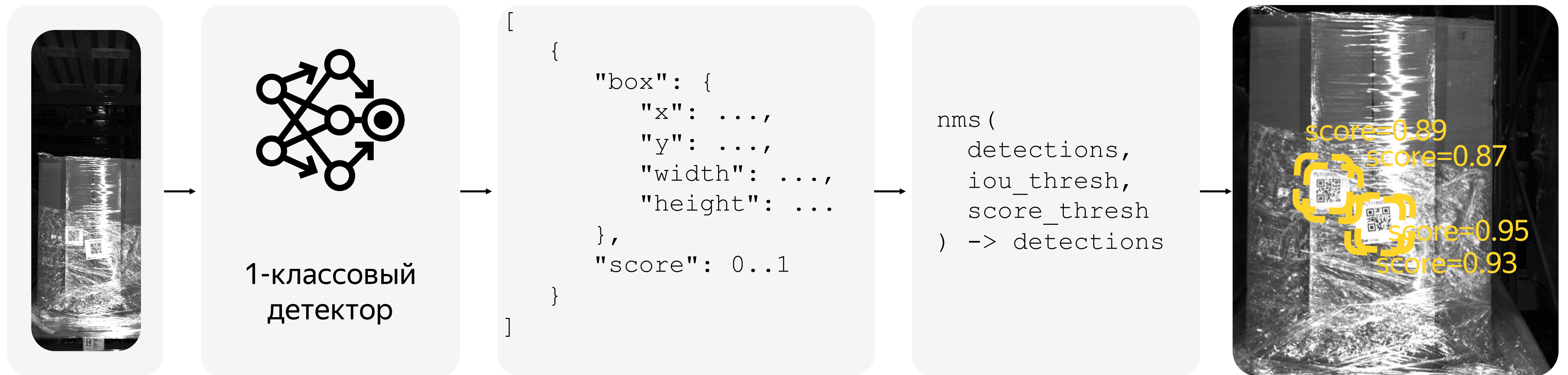


ImageCrop #2

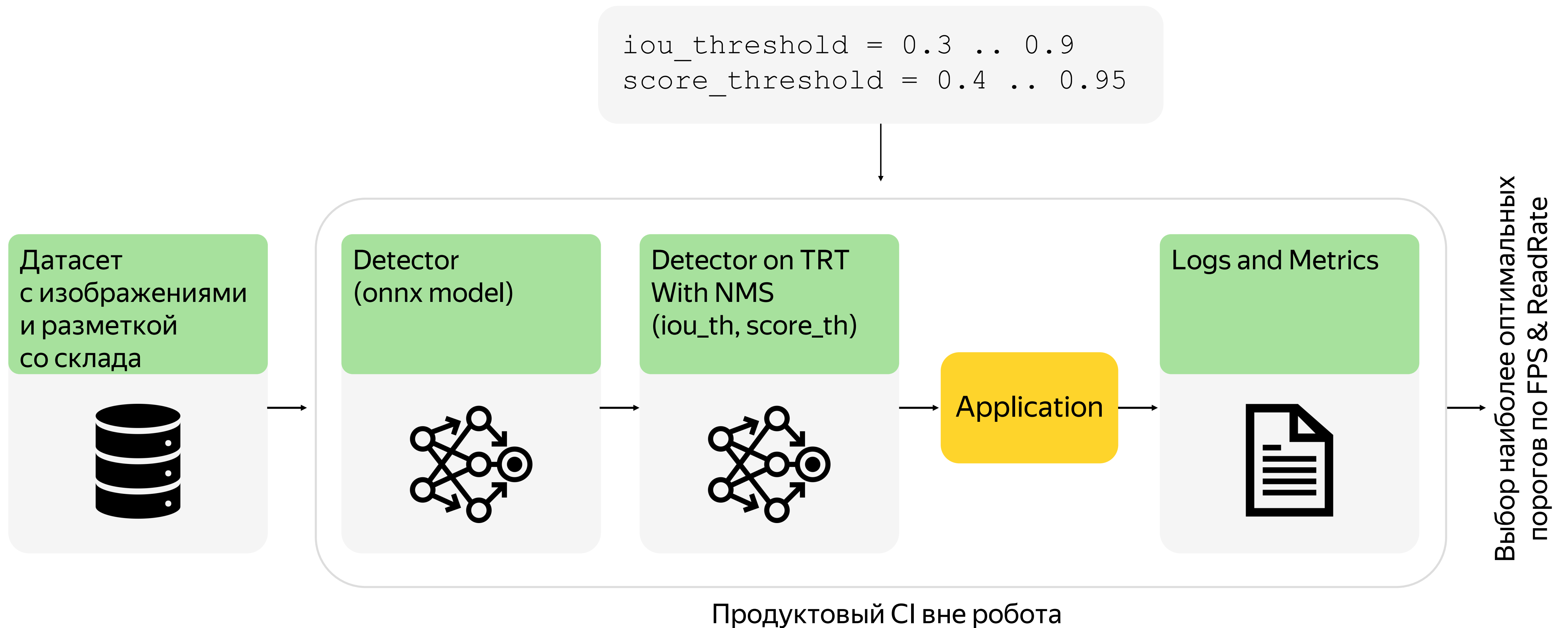
ProcessingTime:  
8ms  
*PLT11892338*

**LABEL**

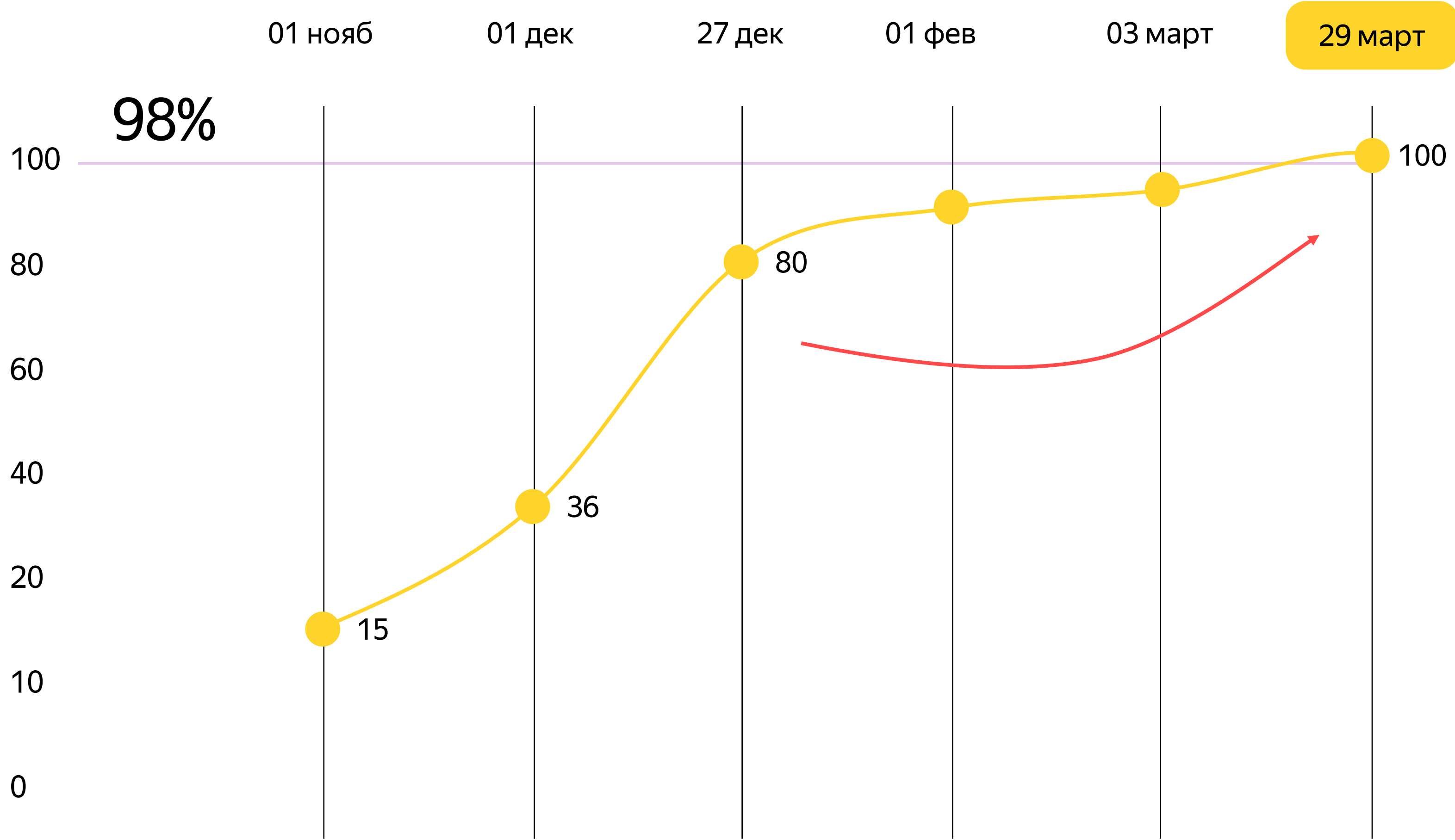
# В чём дело?



# Что сделали?



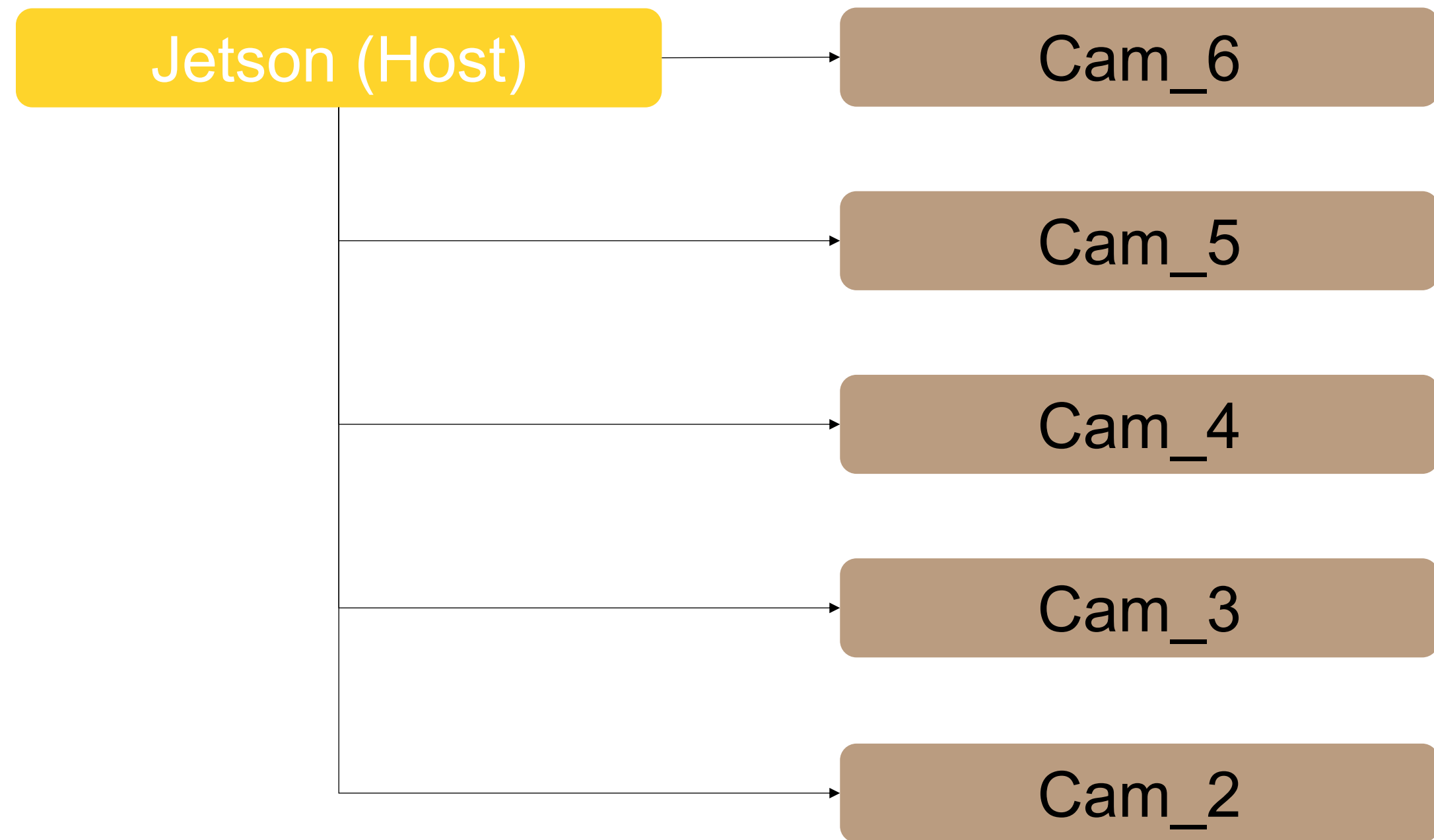
# Динамика изменения Read rate



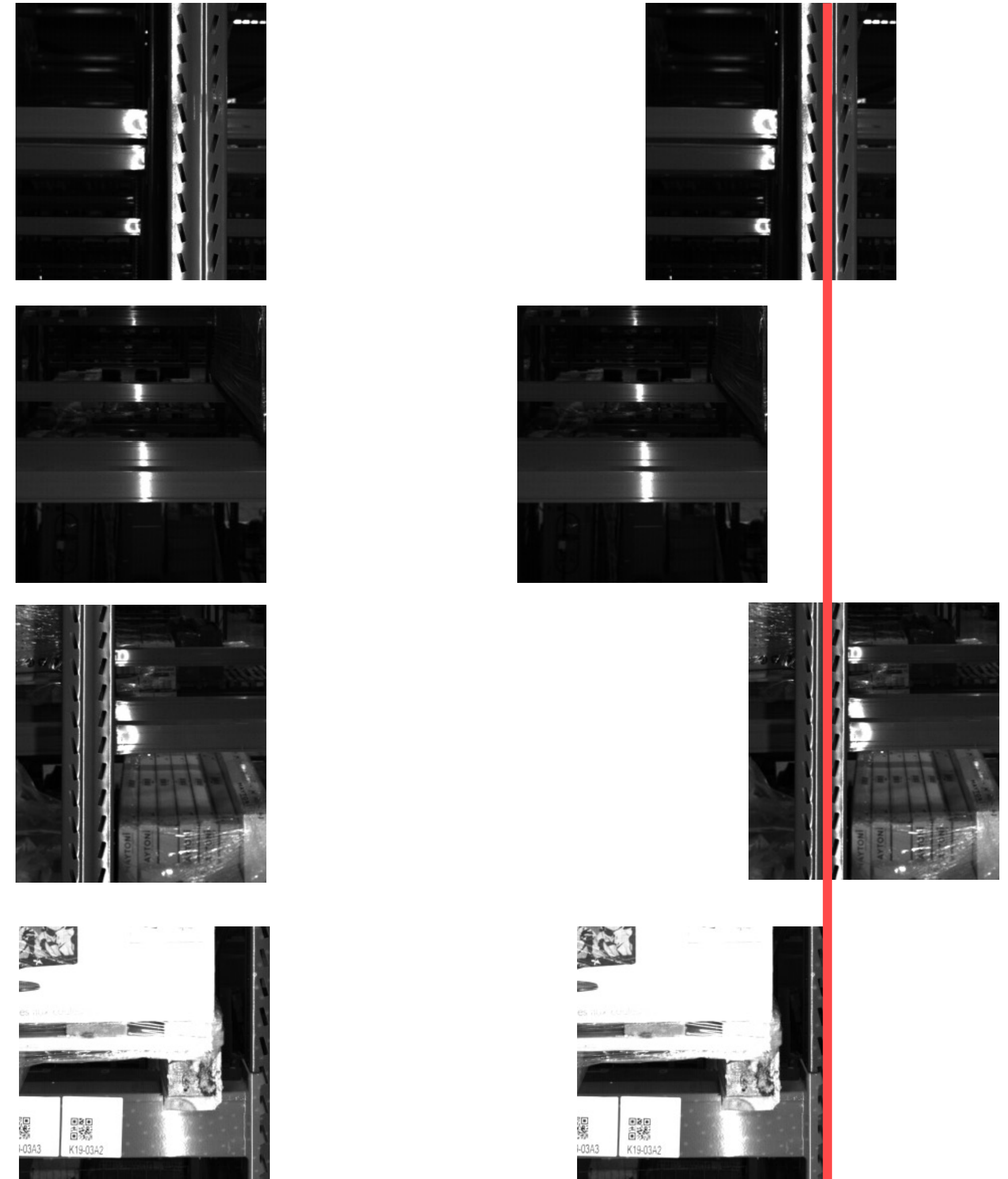
**98%**

Целевая метрика

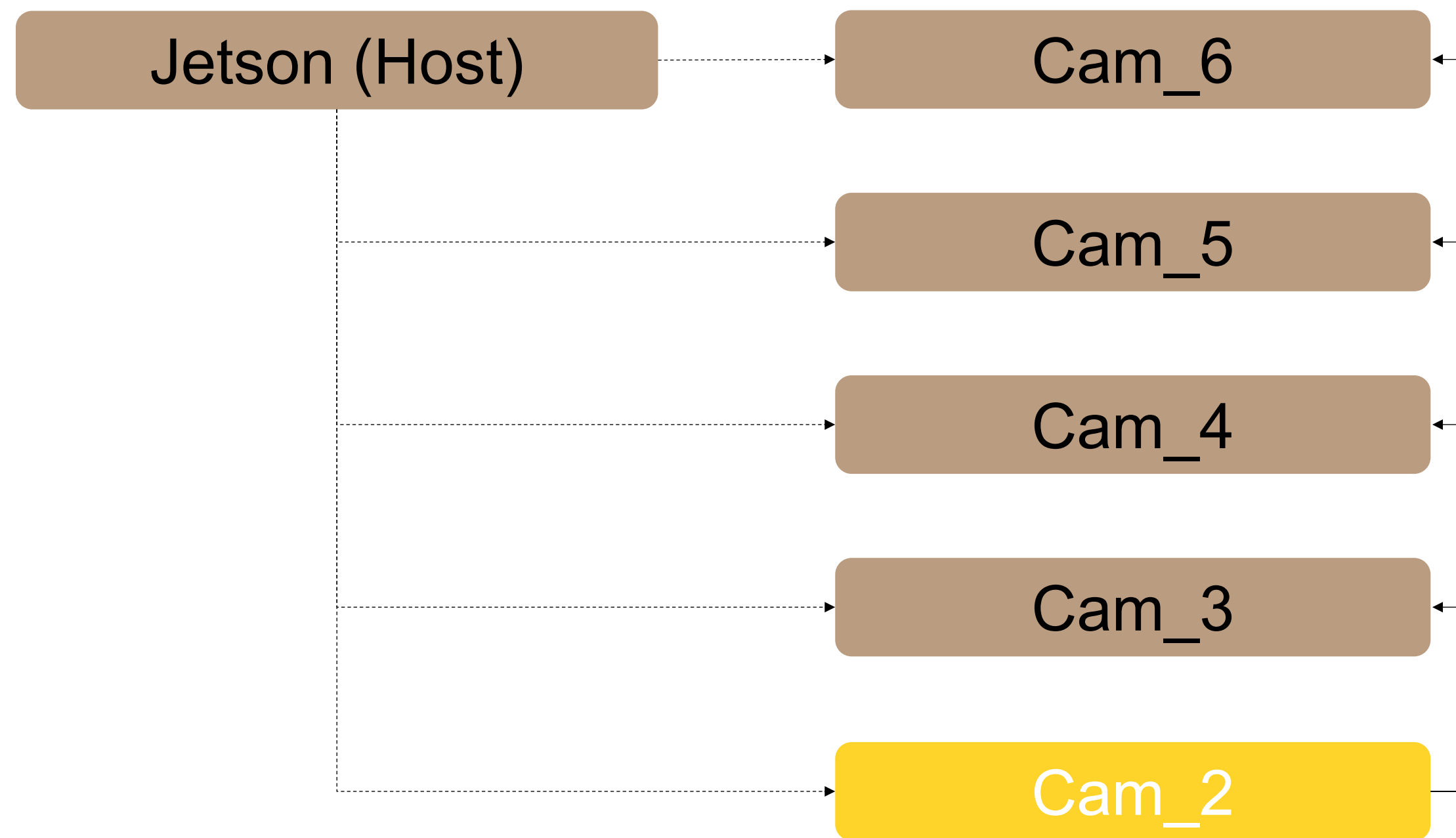
# Синхронизация кадров



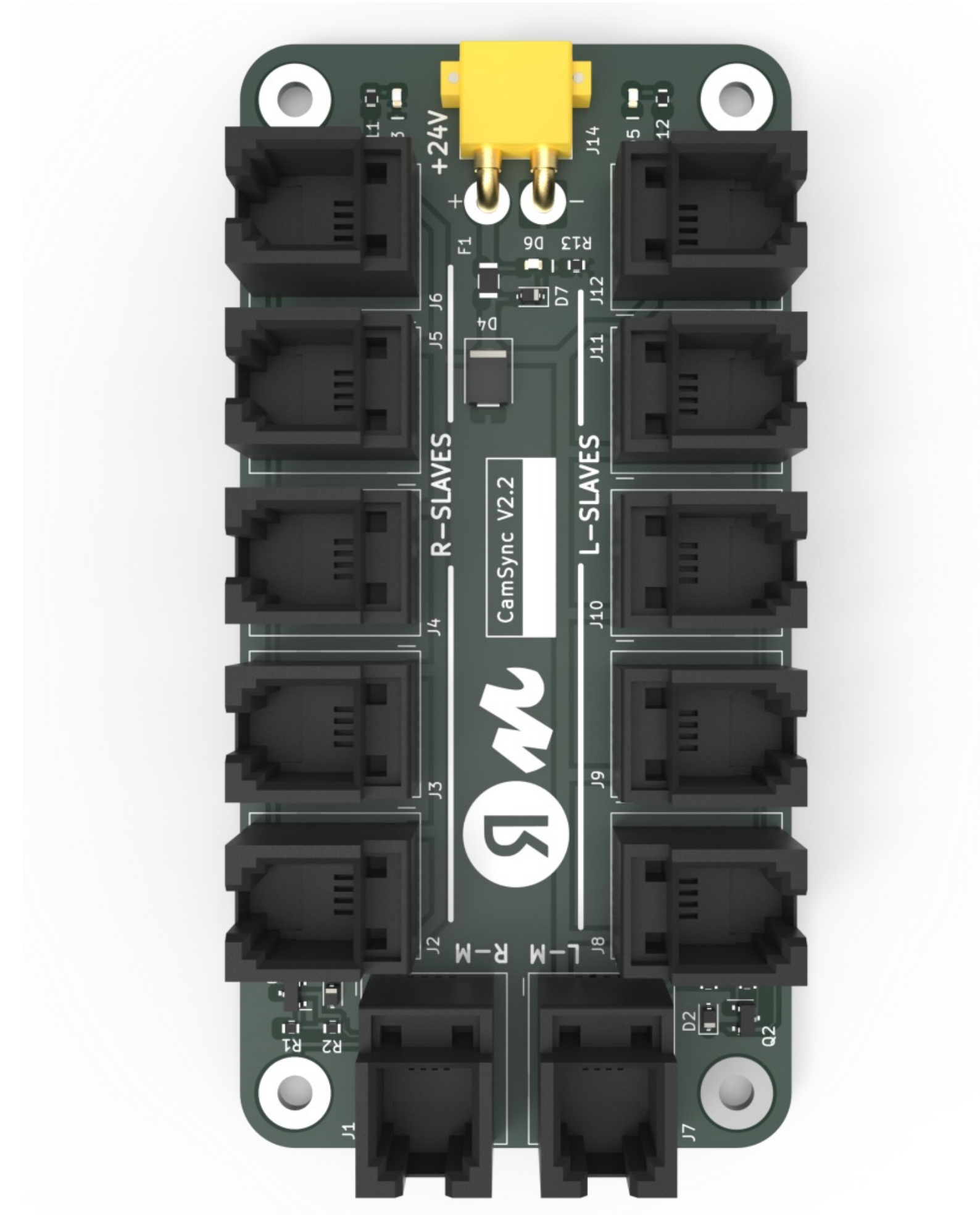
Программная синхронизация



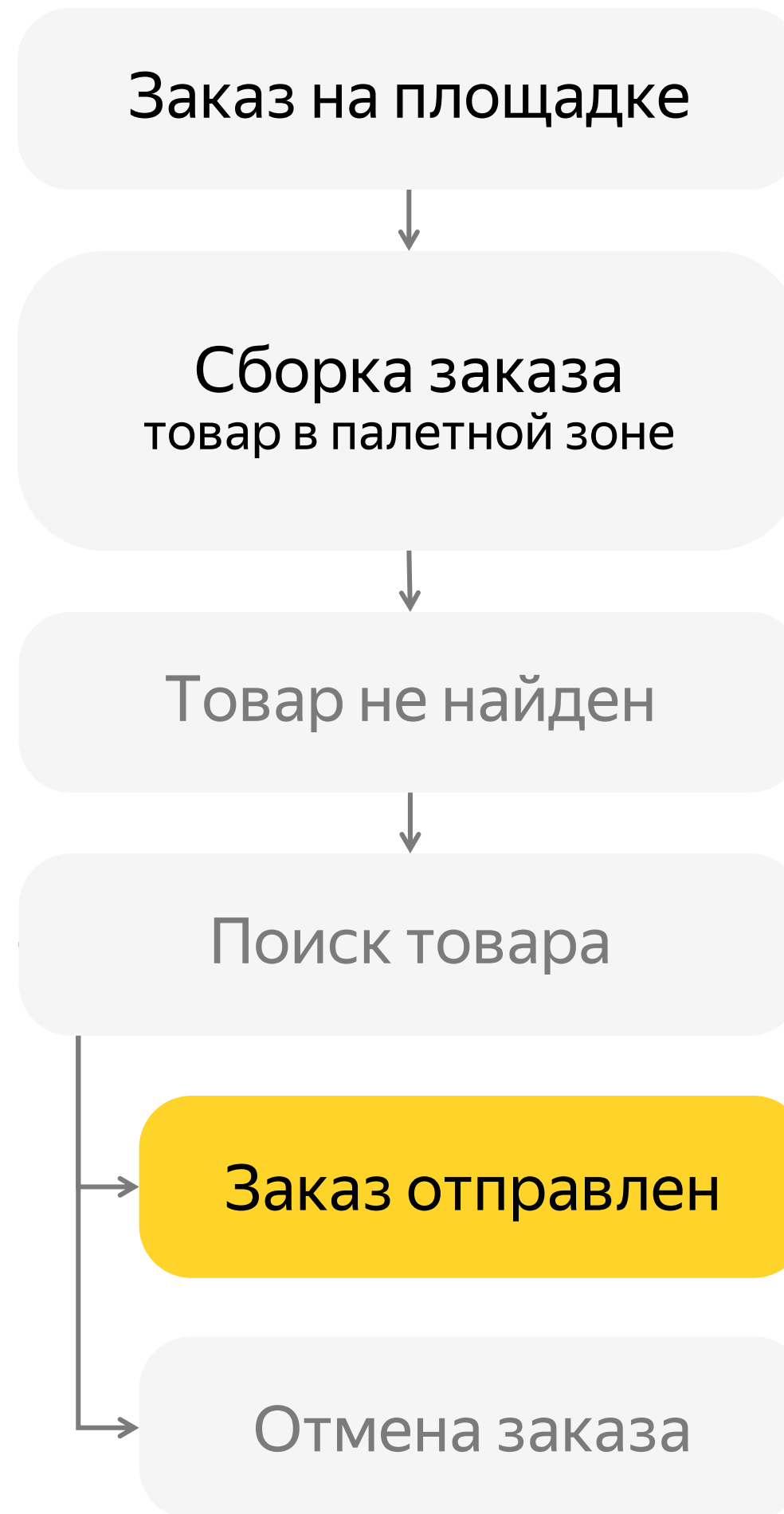
# Синхронизация кадров



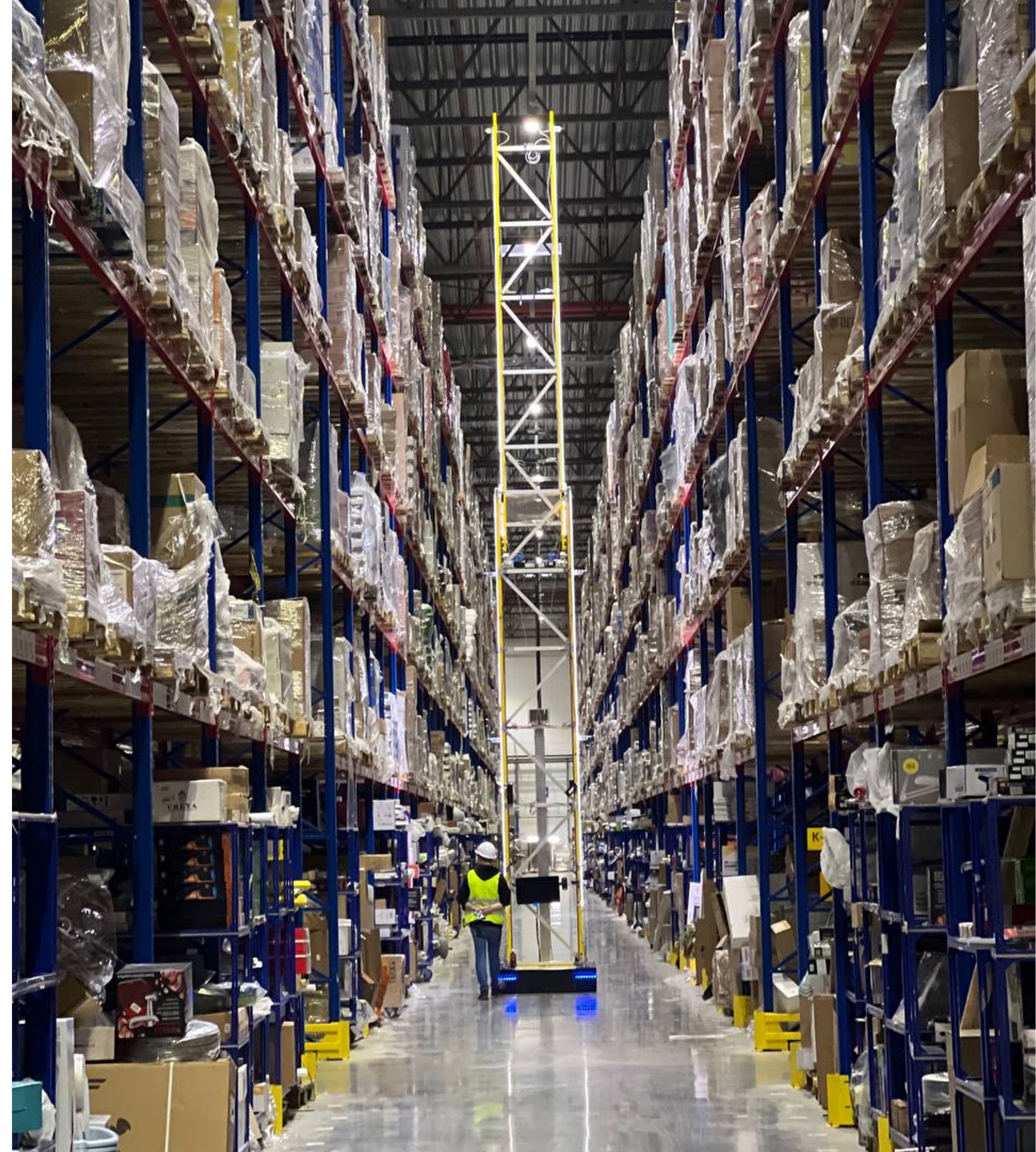
Аппаратная синхронизация



# А что в итоге?



Spectro инвентаризирует  
всё вместо человека  
в 500 раз быстрее





# Сканирование всего блока за 65 минут

Maxim Chikarev

РоботыМаркет-Тесты  
Обязательная программа — Инвентаризатор

Проезд за день 3  
Запуск через скрипт, аллей: 16  
Длительность прогноза 3919 сек  
Всего за день отсканировало 23933 меток

# Сканирование всего блока за 65 минут

Maxim Chikarev

РоботыМаркет-Тесты  
Обязательная программа — Инвентаризатор

Проезд за день 3  
Запуск через скрипт, аллей: 16  
Длительность прогноза 3919 сек  
Всего за день отсканировало 23933 меток

**22 ТЫС**  
мест/час

VS

**37**  
места/час

# Спасибо!

**Валера Ильин**

Руководитель группы компьютерного  
зрения и бизнес-процессов

@ilINVALERY (telegram)

