



# Машинное зрение для контроля производственных процессов на Стойленском ГОКе: в карьере, дроблении и окомковании

Елена Кокорина

*Главный специалист управления по  
цифровой трансформации Дивизиона Руда  
АО «Стойленский ГОК» группа НЛМК*

2023 год



# Группа НЛМК



**>50 000**

**сотрудников**

в России и за рубежом



**>18**

**млн тонн**

мощности по производству стали



**1 место**

**в России**

по выпуску стали

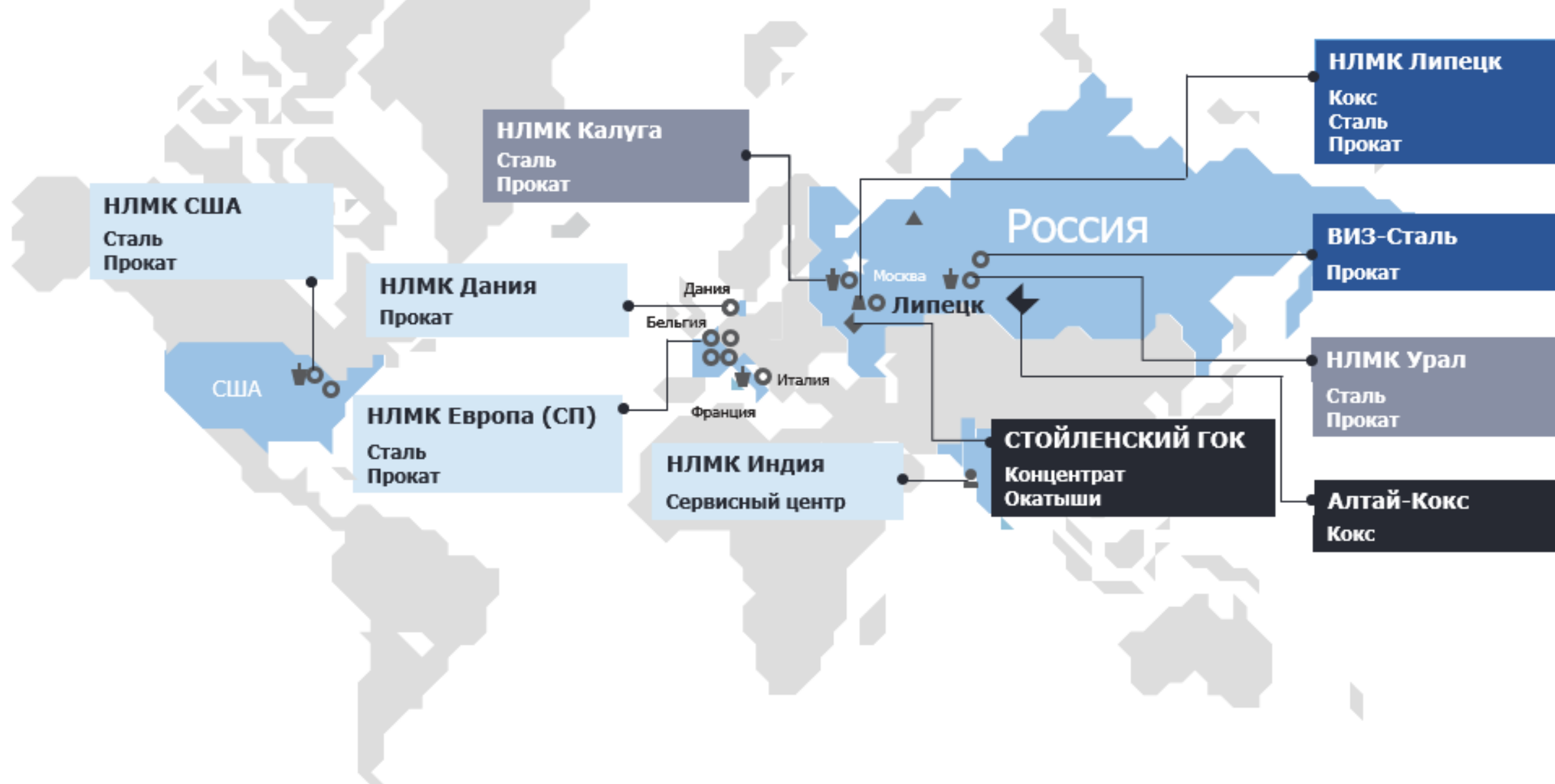


**20 площадок в 7 странах**

производственные активы



# География бизнеса



# География бизнеса

Как повышаем  
эффективность с помощью  
цифровых решений на  
сырьевой площадке....

НЛМК Калуга  
Сталь  
Прокат

НЛМК Липецк  
Кокс  
Сталь  
Прокат

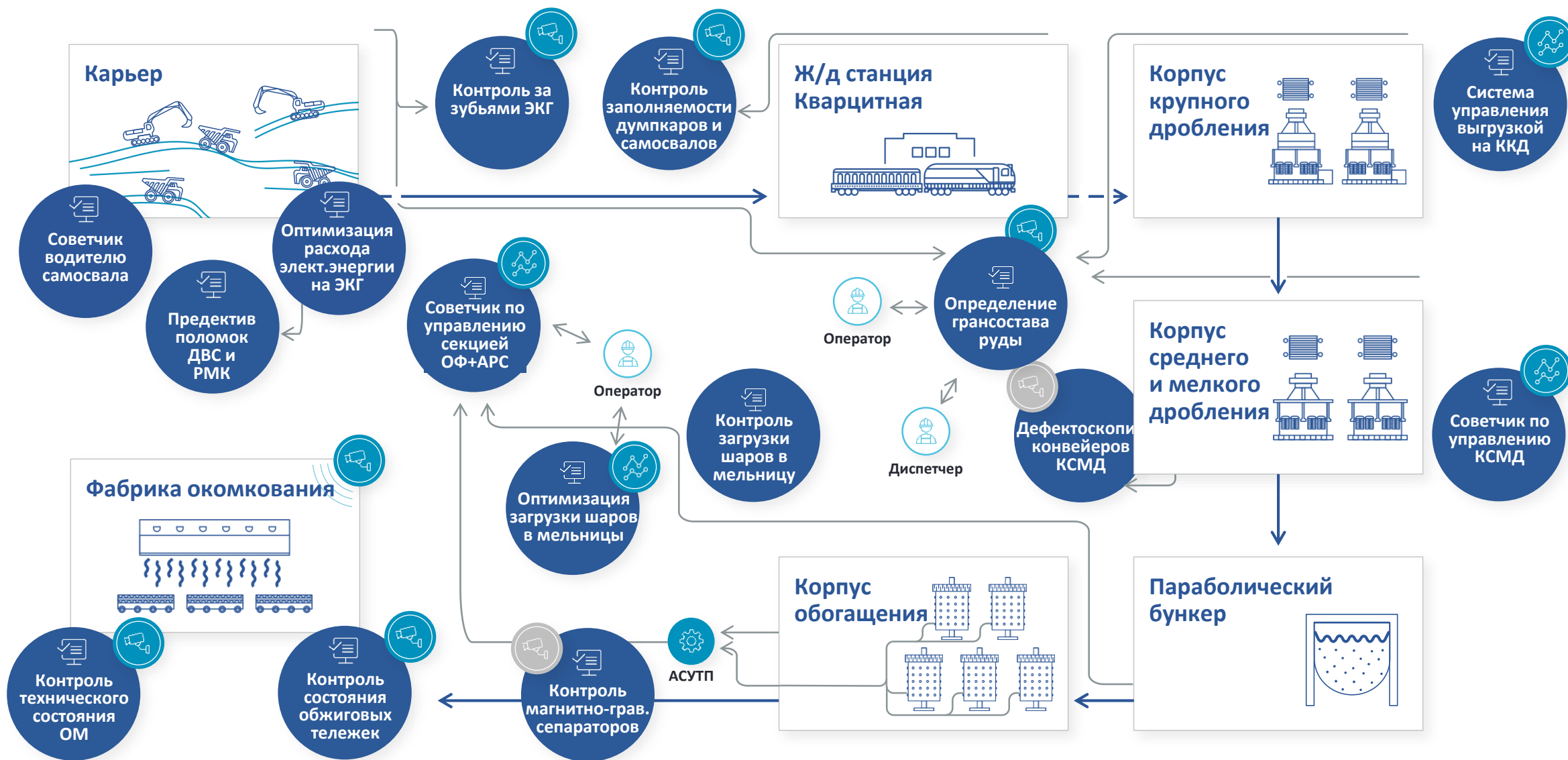
ВИЗ-Сталь  
Прокат

НЛМК Урал  
Сталь  
Прокат

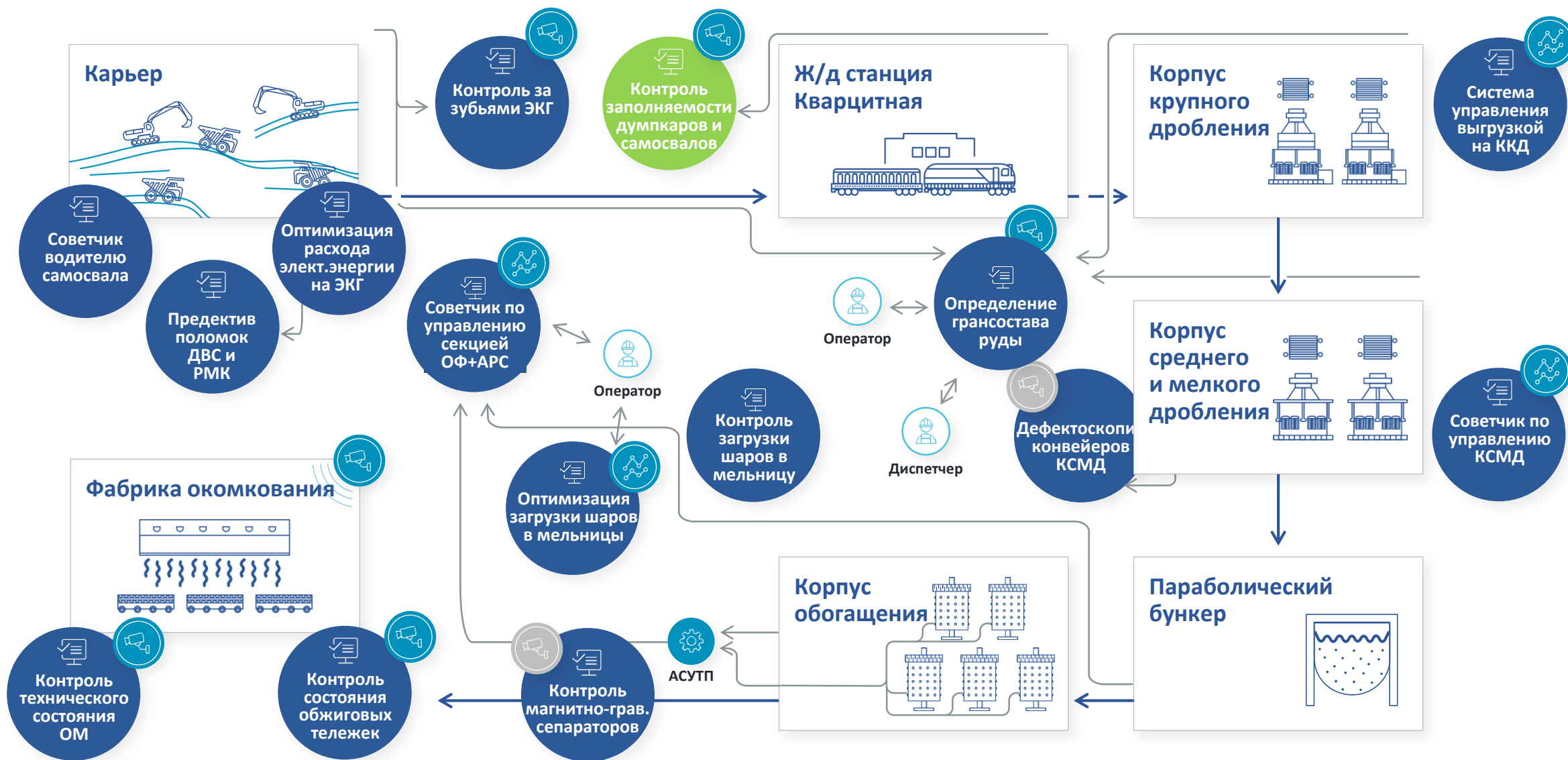
**СТОЙЛЕНСКИЙ ГОК**  
Концентрат  
Окатыши

Алтай-Кокс  
Кокс

## ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ НА СТОЙЛЕНСКОМ ГОКЕ



## ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ НА СТОЙЛЕНСКОМ ГОКЕ





### Какую проблему решали

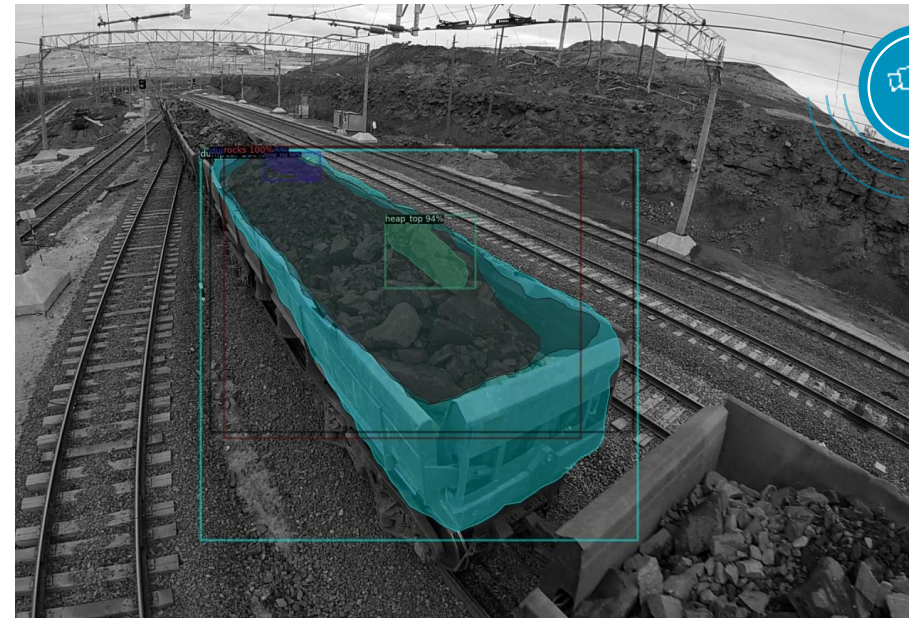
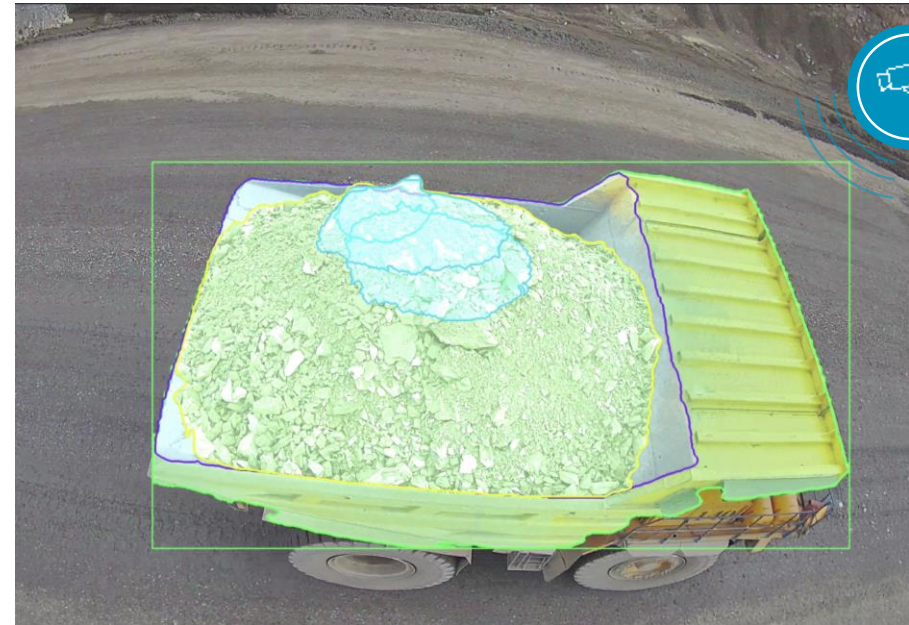
Отсутствие объективного контроля качества погрузки самосвалов и думпкаров снижает эффективность использования транспортной инфраструктура на 2-3% и ведет к повышенному износу техники при некорректной погрузке

### Что сделали

Комплексный цифровой сервис на основе машинного зрения для мониторинга и анализа качества погрузки, оценки объемов и характеристик горной массы

### Главный драйвер эффекта

Сокращение удельного расхода ДТ и удельного расхода электроэнергии за счет оптимального использования транспорта и ЖД думпкаров





## › КАКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАЛИ



### 01 | Реализованы цифровые двойники объектов для проектирования монтажных схем и тренировки алгоритмов



Создание 3D моделей думпкаров

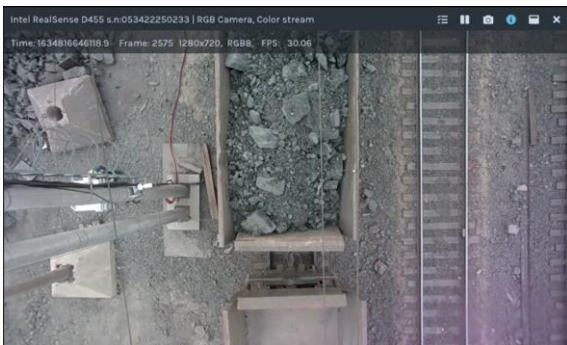


Наложение реалистичных текстур на модель думпкаров

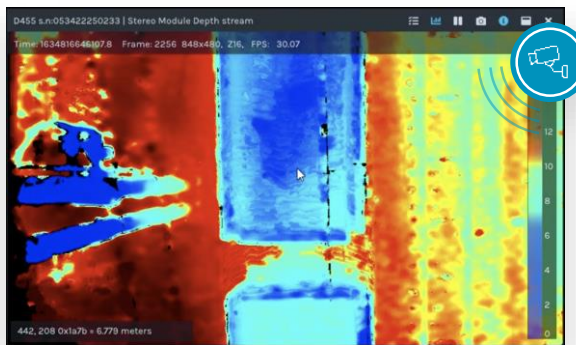


Наполнение думпкара искусственно смоделированной рудой

### 02 | Использованы разные типы камер для точности распознавания и вычисления объема

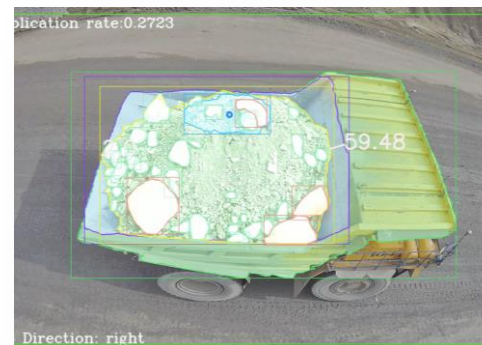


Видеопоток с обычной камеры

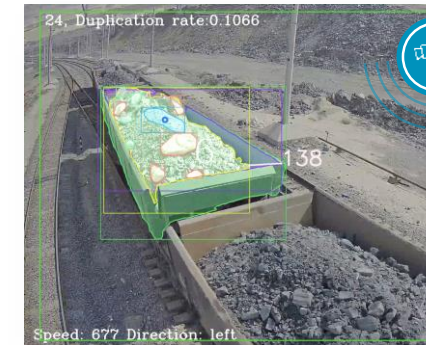


Видеопоток с камеры глубины

### 03 | Натренированы нейросетевые алгоритмы для распознавания транспорта, руды, номеров и пр.



Пример работы модели в режиме онлайн  
Распознаны негабариты, смещение горки и заполнение рудой самосвала



Пример работы модели в режиме онлайн  
Распознаны негабариты, смещение горки и заполнение рудой думпкара





### КАК РАБОТАЕТ СЕРВИС

- Сервис анализирует качество загрузки думпкаров и самосвалов в сравнении с паспортом загрузки транспорта и выявляет отклонения
- В ключевых точках логистики установлены камеры, которые снимают думпкары и самосвалы и в режиме реального времени передают видеопоток в сервис



### КТО РАБОТАЕТ С СЕРВИСОМ

- Оперативные данные о состоянии загрузки видят машинисты экскаваторов, диспетчеры ж/д, операторы на приемке участка дробления
- Диспетчер ж/д может дать указания машинисту соблюдать особый режим движения в случае проблемной загрузки
- В основе сервиса лежит нейронная сеть для распознавания объектов. Для обучения сервиса были созданы синтетические 3D модели думпкаров и самосвалов, на основании которых проводилось обучение системы





# ЧТО УДАЛОСЬ ДОСТИЧЬ?



Отклонение от маркшейдерского  
замера

3-5%



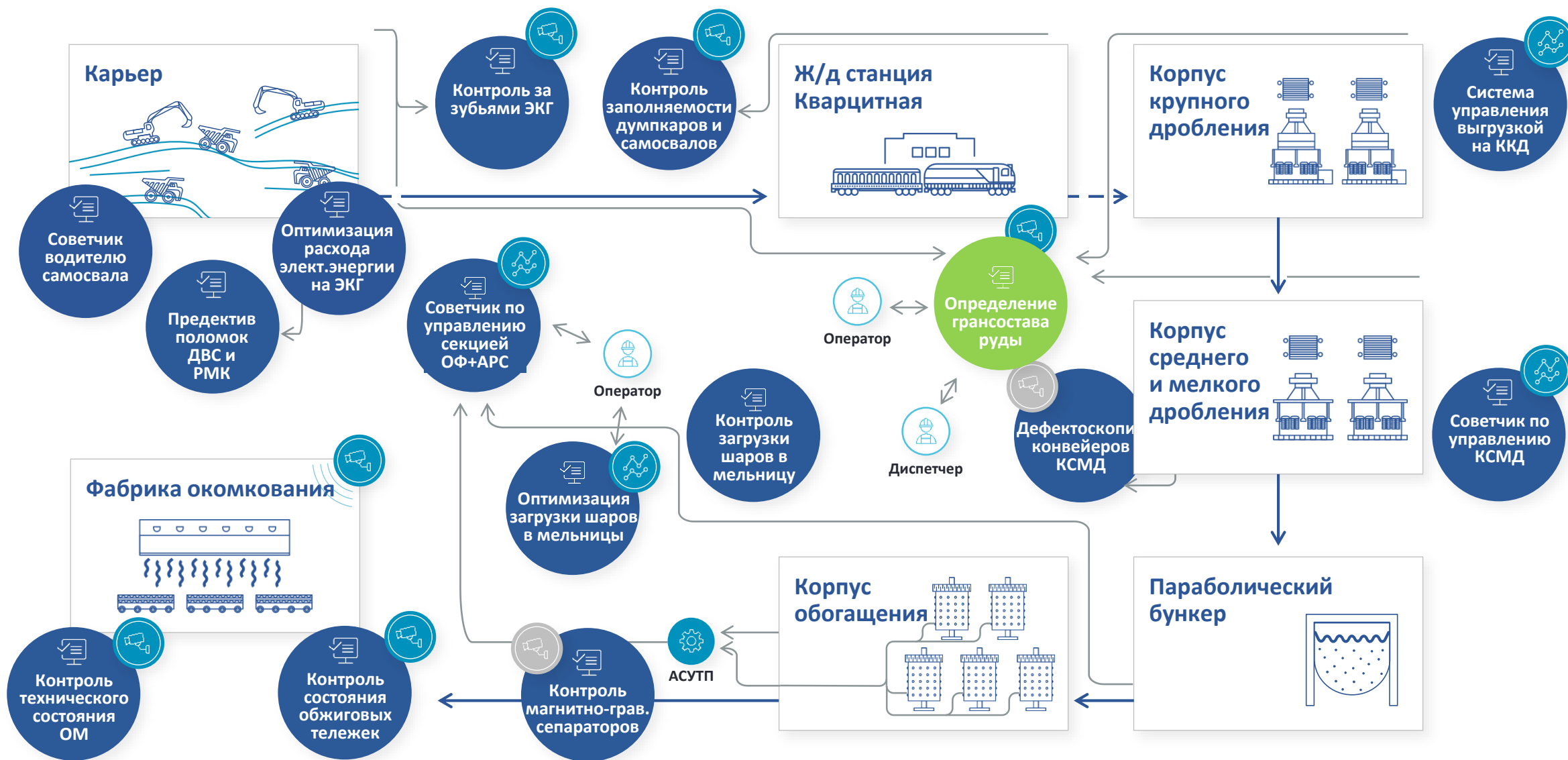
Экономический эффект

15M

руб./год



## ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ НА СТОЙЛЕНСКОМ ГОКЕ



## Какую проблему решали

Подача недодробленной руды снижает производительность следующего передела и как следствие снижение объемов производства концентрата

## Какое решение реализовали

На каждую из 3 стадий дробления – установили по 2 камеры для он-лайн мониторинга крупности руды

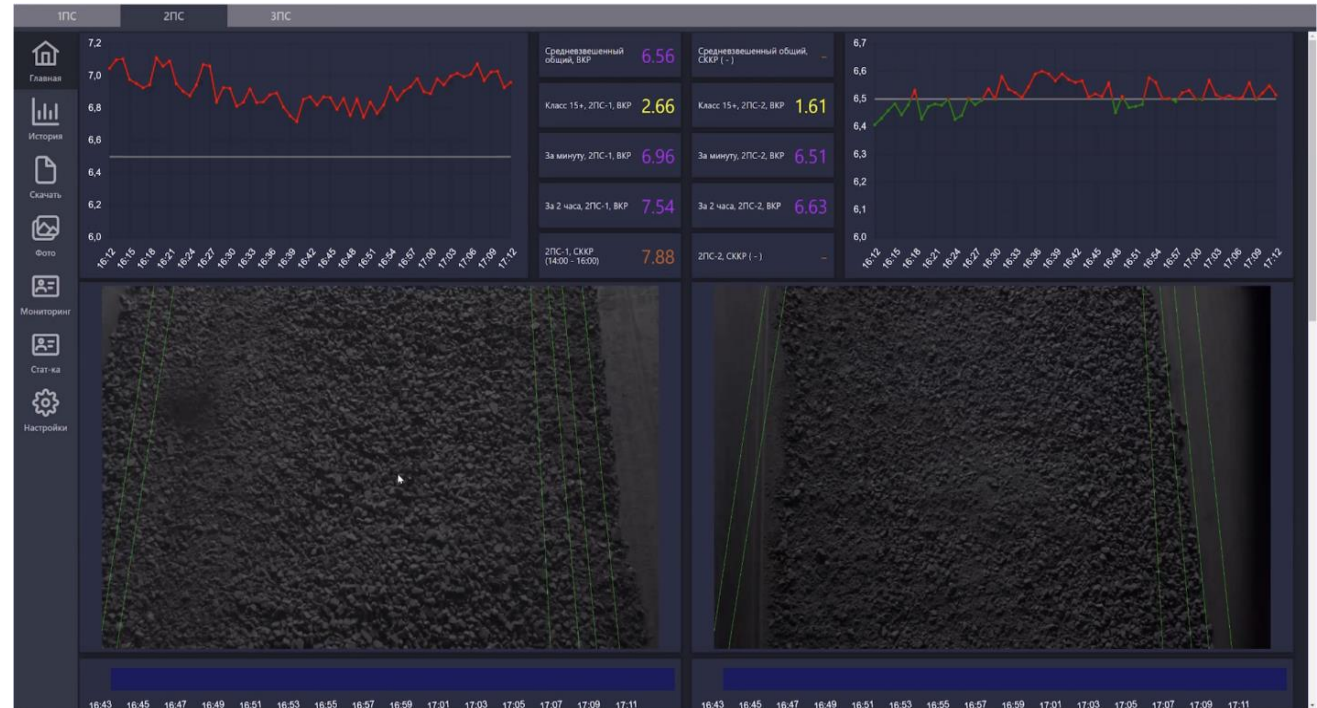
## Главный драйвер эффекта

Достижение требуемого средневзвешенного диаметра дробленной руды для повышения производительности шаровых мельниц





## > ОБЩИЙ ВИД И ИНТЕРФЕЙС СИСТЕМЫ



### > А так – оператор пульта управления участка

Ежесекундные расчеты средневзвешенного диаметра дробленной руды с построением трендов

### > Так систему видит сторонний наблюдатель

Это набор оборудования, состоящий из специально подобранных прожекторов и скоростных камер

› ПРИМЕР ДЕТЕКЦИИ КРУПНЫХ КУСКОВ РУДЫ



ТЕМПЕРАТУРА

ЗАПЫЛЕННОСТЬ

ОСВЕЩЕННОСТЬ

ОТСУТСТВИЕ РУДЫ

| Тип | Время               | Время               | Размер, мм | Пороговое значение |
|-----|---------------------|---------------------|------------|--------------------|
| ○   | 8.09.2022, 17:12:08 | 8.09.2022, 17:12:08 | 748.00     | 600                |
| ○   | 8.09.2022, 17:10:47 | 8.09.2022, 17:10:47 | 615.73     | 600                |
| ○   | 8.09.2022, 17:10:42 | 8.09.2022, 17:10:42 | 639.84     | 600                |
| ○   | 8.09.2022, 17:08:44 | 8.09.2022, 17:08:44 | 605.03     | 600                |

ТЕМПЕРАТУРА

ЗАПЫЛЕННОСТЬ

ОСВЕЩЕННОСТЬ

ОТСУТСТВИЕ РУДЫ

| Тип | Время               | Время               | Размер, мм | Пороговое значение |
|-----|---------------------|---------------------|------------|--------------------|
| ○   | 8.09.2022, 16:45:44 | 8.09.2022, 16:45:44 | 614.83     | 600                |
| ○   | 8.09.2022, 15:05:18 | 8.09.2022, 15:05:18 | 644.88     | 600                |
| ○   | 8.09.2022, 13:51:16 | 8.09.2022, 13:51:16 | 606.30     | 600                |
| ○   | 8.09.2022, 13:31:05 | 8.09.2022, 13:31:05 | 601.05     | 600                |



## > ФИЧИ СИСТЕМЫ

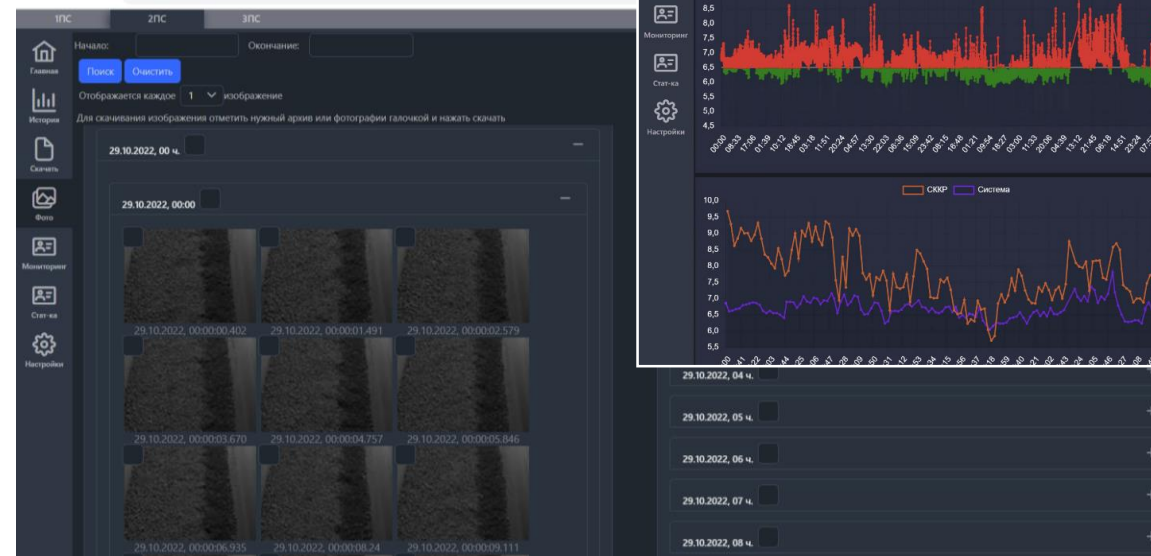


### Калибровка камер

### Аналитика работы модели

### Анализ архива данных

### Доступность архива фотографий





# ЧТО ДОСТИГЛИ



Точность предикта

>95%



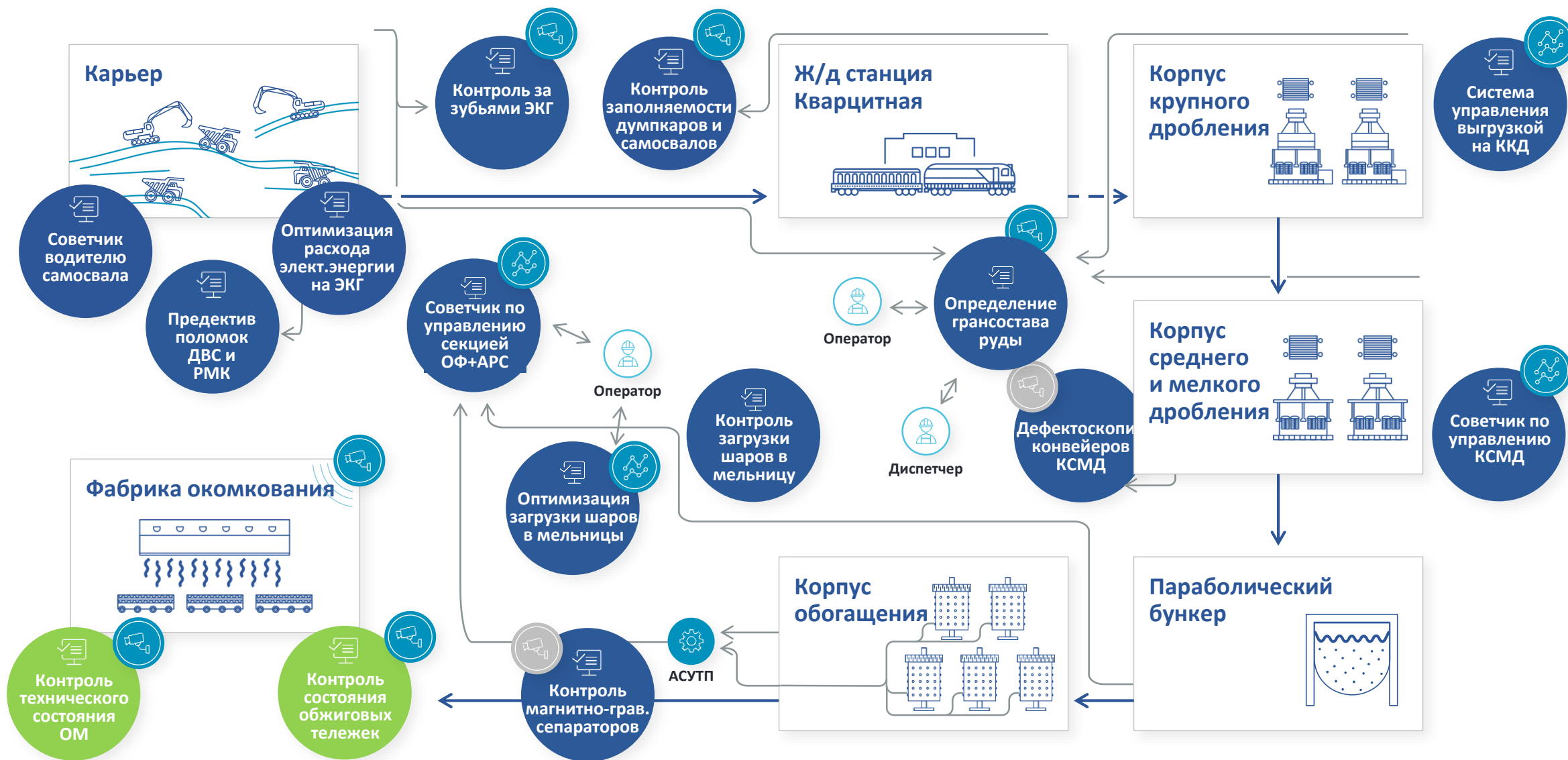
Экономический эффект

121M

руб./год



## ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ НА СТОЙЛЕНСКОМ ГОКЕ

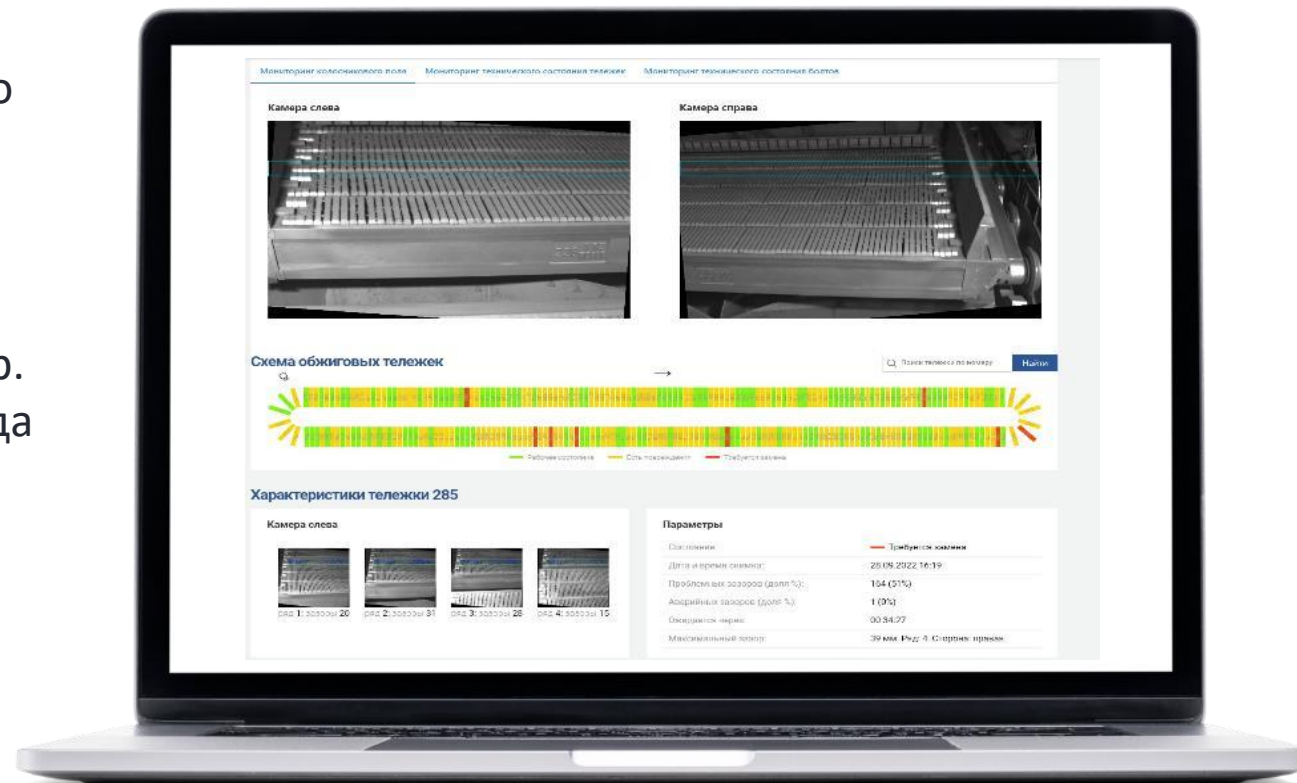


### Какую проблему решали

Отсутствие возможности он-лайн мониторинга состояния технических элементов тележек, а также зазоров на колосниковом поле, что привело к аварийным простоям

### Какое решение реализовали

Аналитика всего потока тележек — проблемные участки выделяются цветами по системе светофор. Специалист заранее понимает расписание подхода тележек к месту осмотра для замены.



### Главный драйвер эффекта

Повышение производительности обжиговой машины за счет сокращения аварийных простоев.

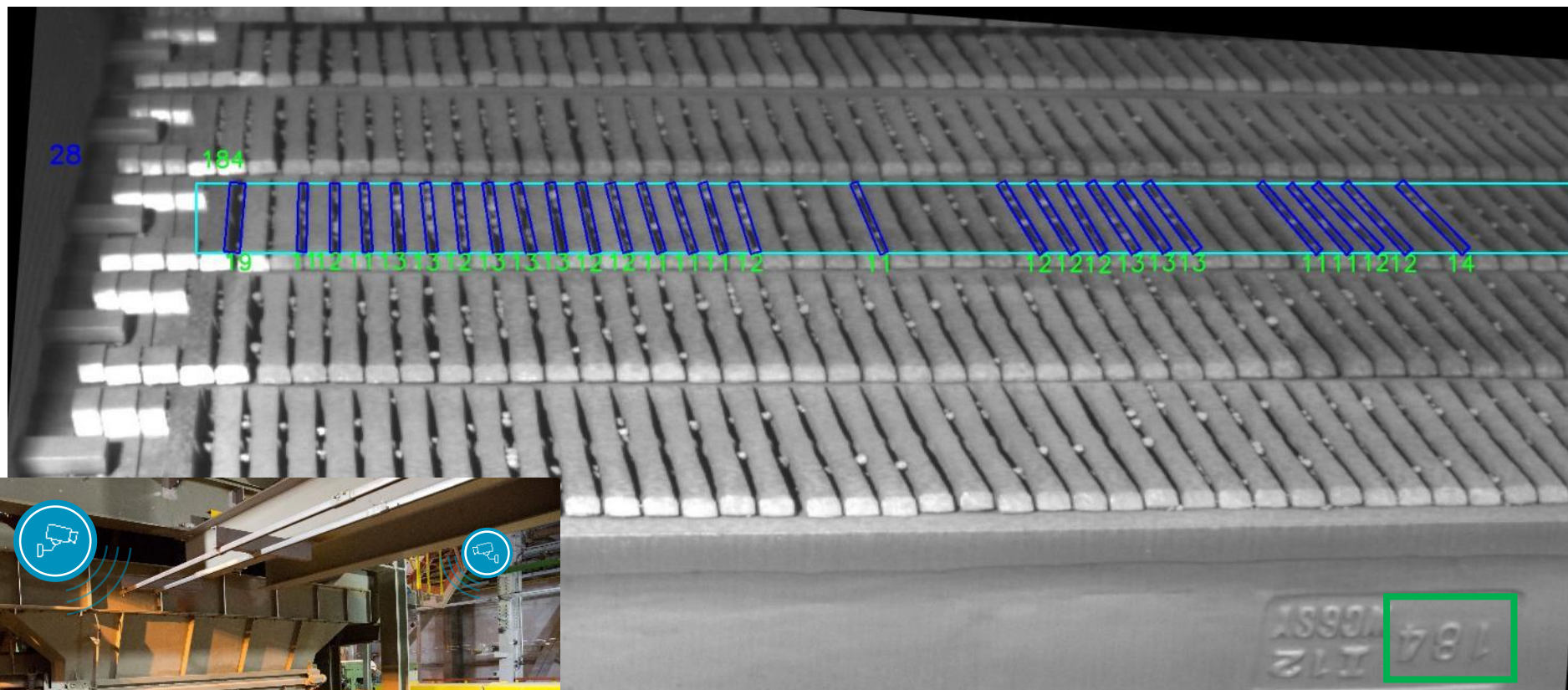


## > КАК РАБОТАЕТ СИСТЕМА?



01 | Система детектирует зазоры между колосниками обжиговой тележки более 4 мм.

02 | Автоматически детектирует и распознает номера тележек



03 | Мониторинг осуществляется с помощью двух камер (технологическая особенность установки)

## › ОЦЕНИЛИ ЭФФЕКТИВНОСТЬ - РАСШИРИЛИ ФУНКЦИОНАЛ



Добавили

### Мониторинг боковых пластин с уплотнителями, а также важных болтовых соединений

На первый взгляд решение очевидное и простое

#### Проблематика:

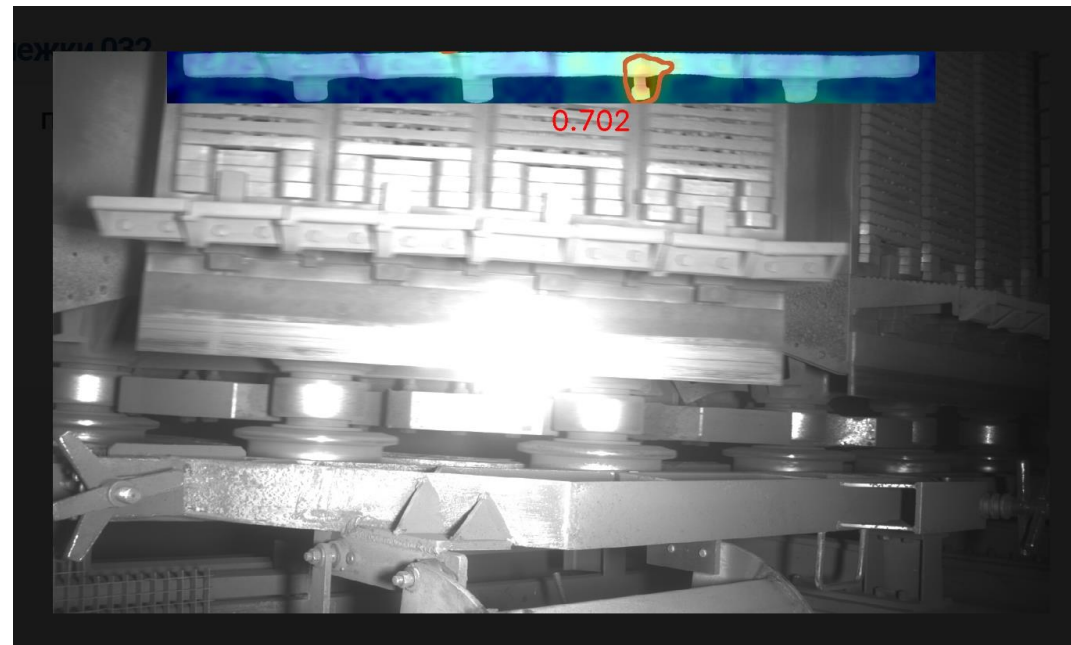
- Для обучения нейронной сети требуются сотни фотографий с отклонениями от нормы (повреждения)
- По факту их было 2-3

#### Решение:

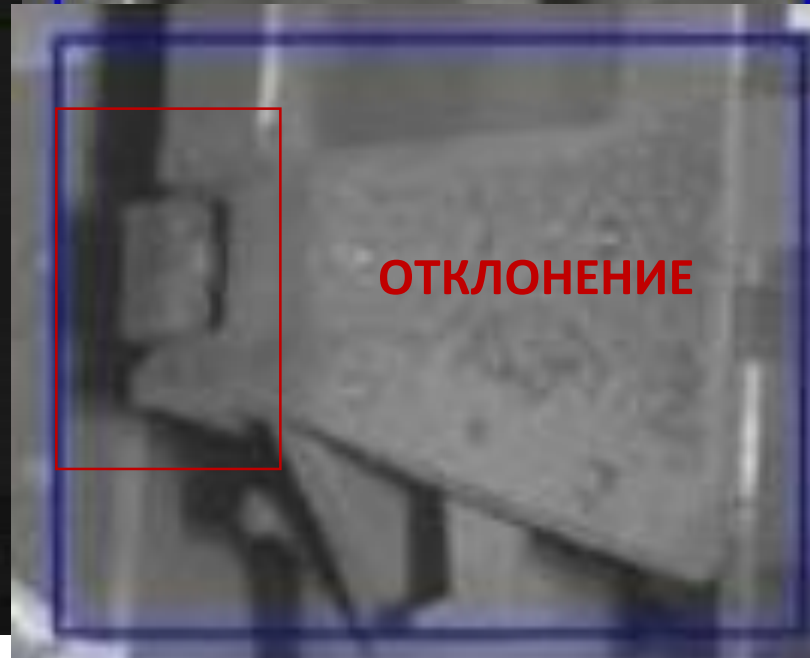
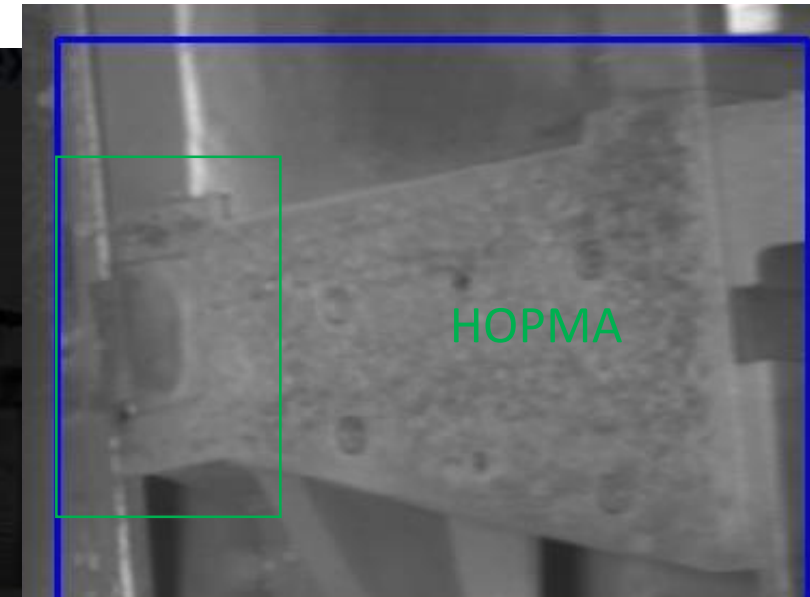
Изучили и применили дополнительную библиотеку anomalib с распознаванием отклонения от нормы

#### Результат:

Имеем фактический SCORE каждого элемента тележки, с возможностью регулировки требуемого уровня Threshold







# ЧТО УДАЛОСЬ ДОСТИЧЬ?



Точность детекций

>90%



Экономический эффект

41M

руб./год





Погружаемся в технологию,  
изучаем пользовательские  
маршруты



Осуществляем поддержку: всегда  
на связи с пользователем



Вовлекаем пользователей в  
разработку



Постоянное развитие: апгрейд  
моделей и оптимизация  
решений





Спасибо за внимание!