



Публичное акционерное
общество
**НОВОЛИПЕЦКИЙ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ
КОМБИНАТ**

Россия, 398040
г. Липецк, пл. Metallургов, 2

Применение машинного зрения для определения гранулометрического состава извести в сталеплавильном производстве

Докладчик:
Сыроков Александр
Владимирович, разработчик



Группа НЛМК сегодня

Группа НЛМК — лидирующий международный производитель высококачественной стальной продукции. Добыча сырья и производство стали сосредоточены в низкзатратных регионах, изготовление готовой продукции осуществляется в непосредственной близости от основных потребителей в России, Северной Америке и странах ЕС.

21%

Российского
производства стали

17,1 млн. т.

Производство стали в год

50,6 тыс.

Численность

Сталеплавильное производство



- Миксерное отделение
- УДЧ
- Конвертер
- ВПО
- УНРС

Цифровизация сталеплавильного производства



«Коробочные» решения



Передача кода модели



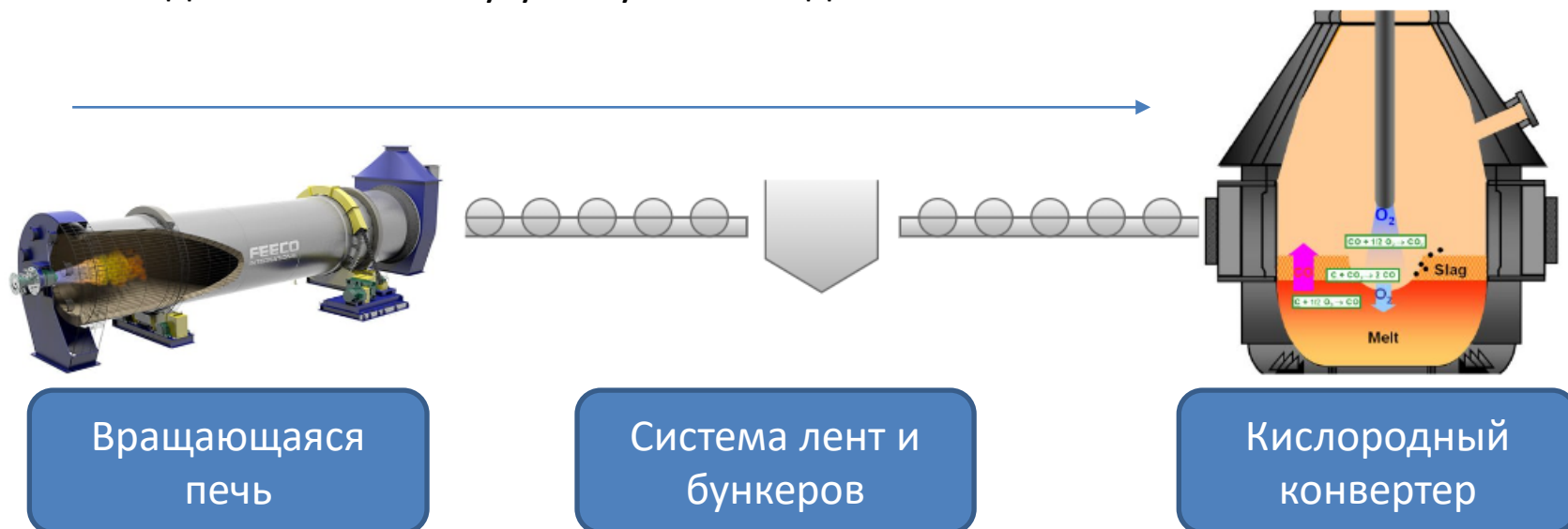
DSML-платформа и ЦК

Проекты с машинным зрением НЛМК



Проект гранулометрический состав извести

- ✓ Производится на агрегате «Вращающаяся печь»
- ✓ Поступает из ОГЦ по системе лент и накопительных бункеров в кислородный конвертер
- ✓ Удаляет S и P из чугуна путем наведения шлака



Проект гранулометрический состав извести



Проблематика и исследование:

- Известь подается в конвертер с запасом с условием того, что мелочь выдувается в аспирацию
- Оператор печи не знает грансостав извести в текущий момент времени для корректировки работы агрегата
- Норма мелочи 0-10мм не более 15% по массовой доле

Цели РОС



Результат РОС:

Модель, которая сможет распознавать целевые фракции с заданной точностью

Что нам это даст?

Если показатель массовой доли мелочи в норме, то можно снижать подачу извести

Риски:

- Высокая погрешность при детекции мелкой фракции
- Приведение площадей к массе
- Видим только верхний слой

Подбор оборудования



Камера машинного зрения Teledyne DALSA

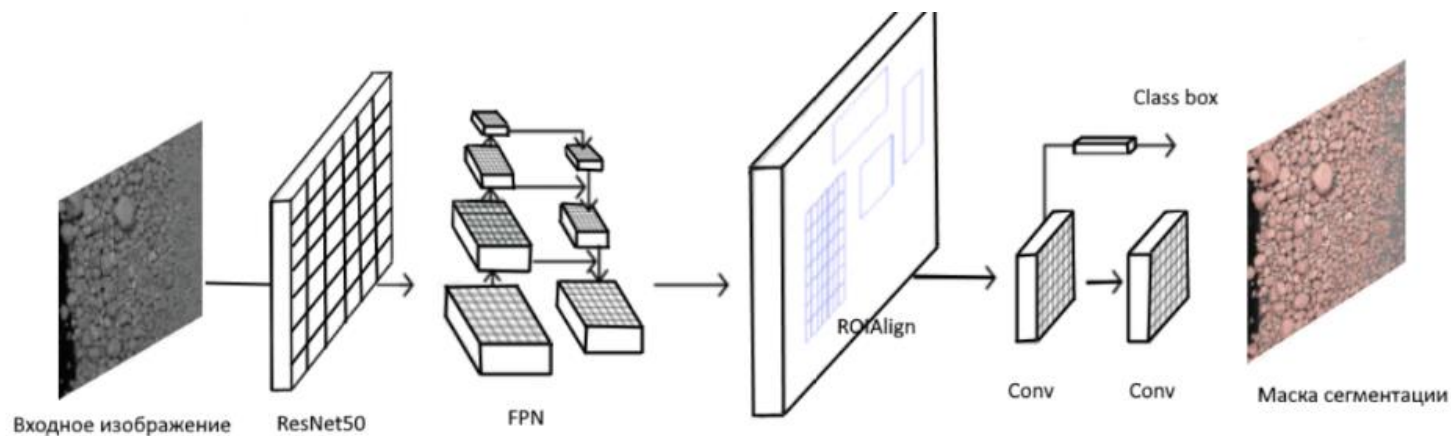
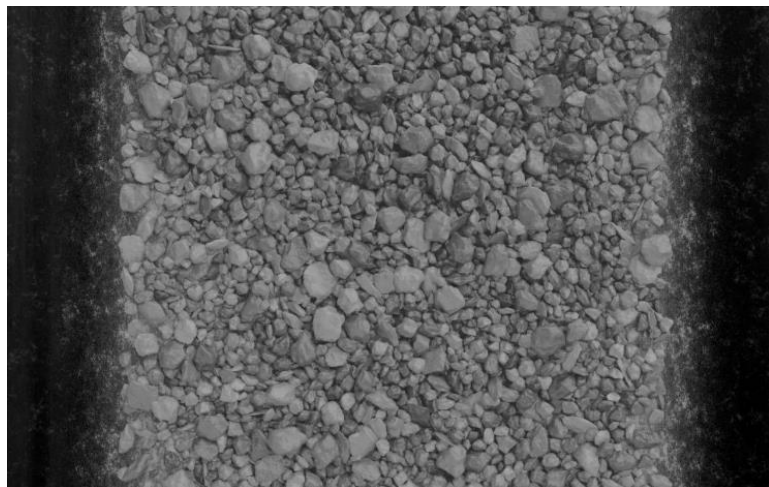
Объектив AZURE 1040Z3M 10-40мм

Прожекторы Enercom FL-WB

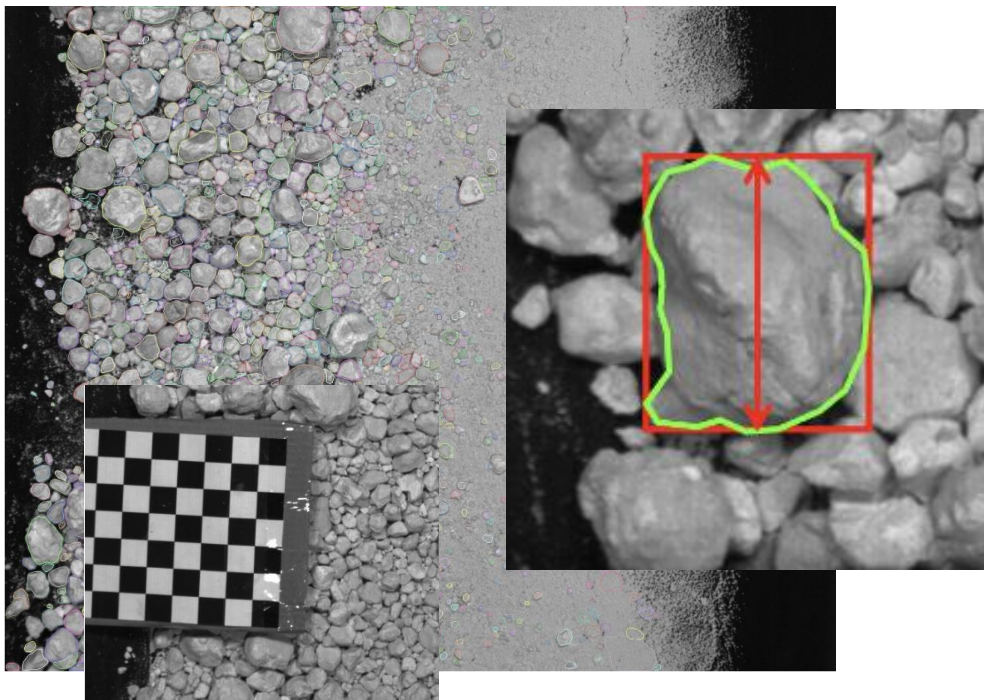
Видеокарта Tesla T4, 16GB

Сервер HP Gen 10

Выбор модели и сбор датасета



Методика измерения грансостава



- ❑ Перевод пиксели в мм на основе «шахмат»
- ❑ Приводим ограничивающий прямоугольник к сфере:
$$V = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{size}{2} \right)^3$$
- ❑ К пыли относится оставшаяся поверхность в пределах ленты

Методика проверки адекватности работы модели

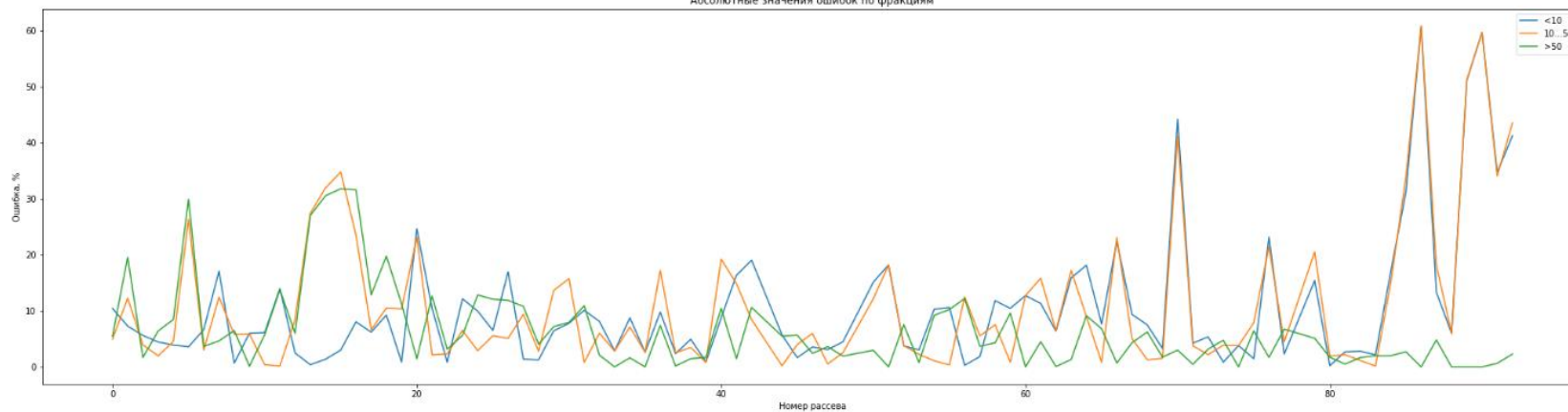


Проведение процедуры «рассева»:

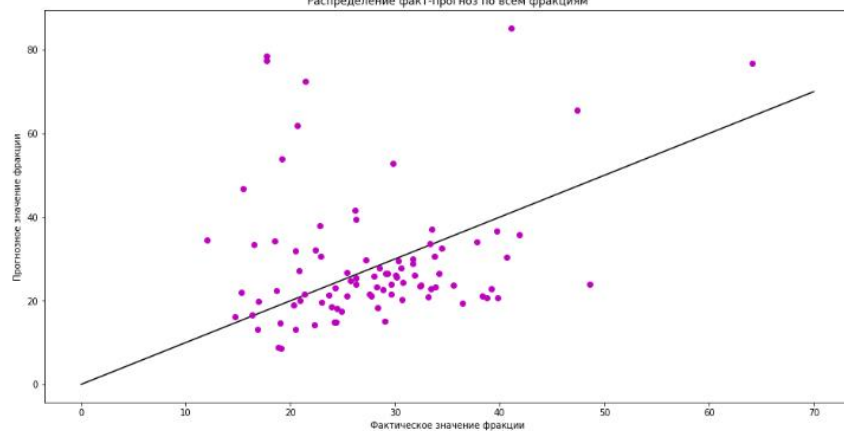
- Остановить ленту с материалом
- Прогнать снимок участка ленты под камерой через модель
- Собрать и просеять отснятый участок ленты через сита
- Взвесить каждую фракцию и сравнить получившиеся результаты

Результаты модели

Абсолютные значения ошибок по фракциям



Распределение факт-прогноз по всем фракциям



Новая модель



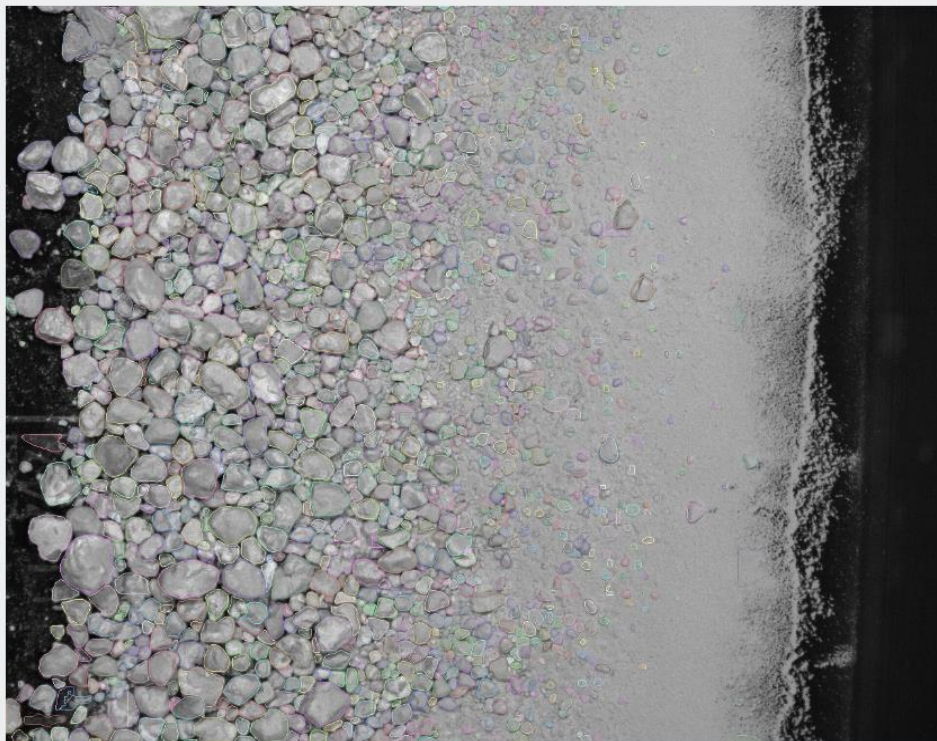
Методика

- E2e модель
- ~2600 рассевов по опыту СГОК
- Для ускорения процедуры
используем перемешивания и
перекрытие света

Интерфейс аналитики

Анализ фракций последнего кадра

Диапазон фракции, мм	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
Значение, %	20.45	41.14	23.6	11.86	2.96



stream/1666292018.4215455

Целевые фракции

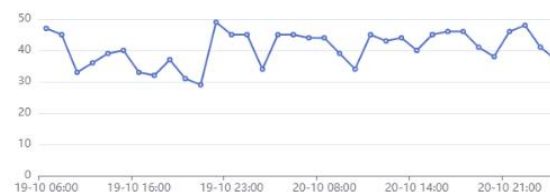
0-10мм	10-50мм	больше 50мм
20.45	79.56	0.00

Целевые фракции

0-10, мм



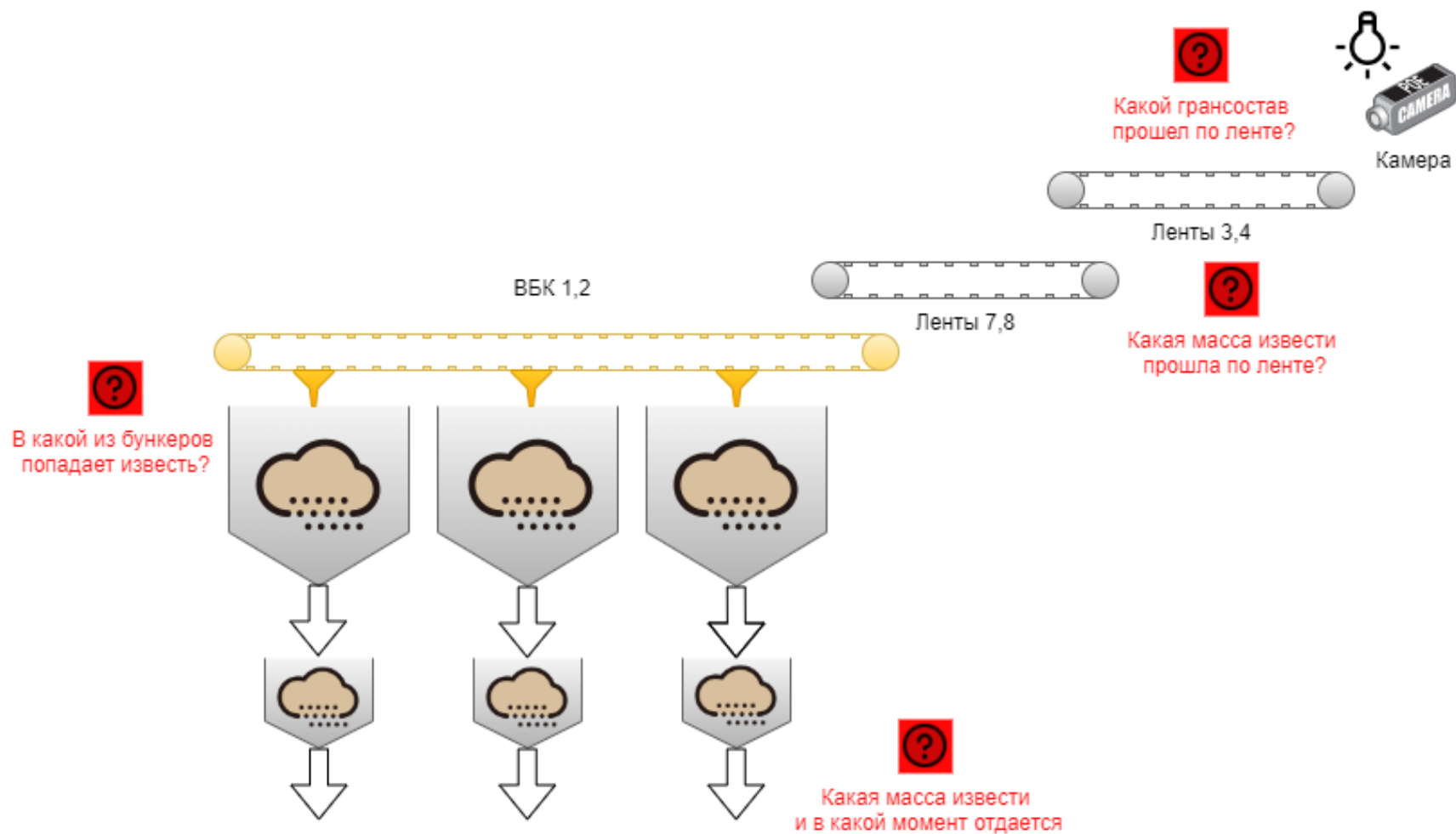
10-50, мм



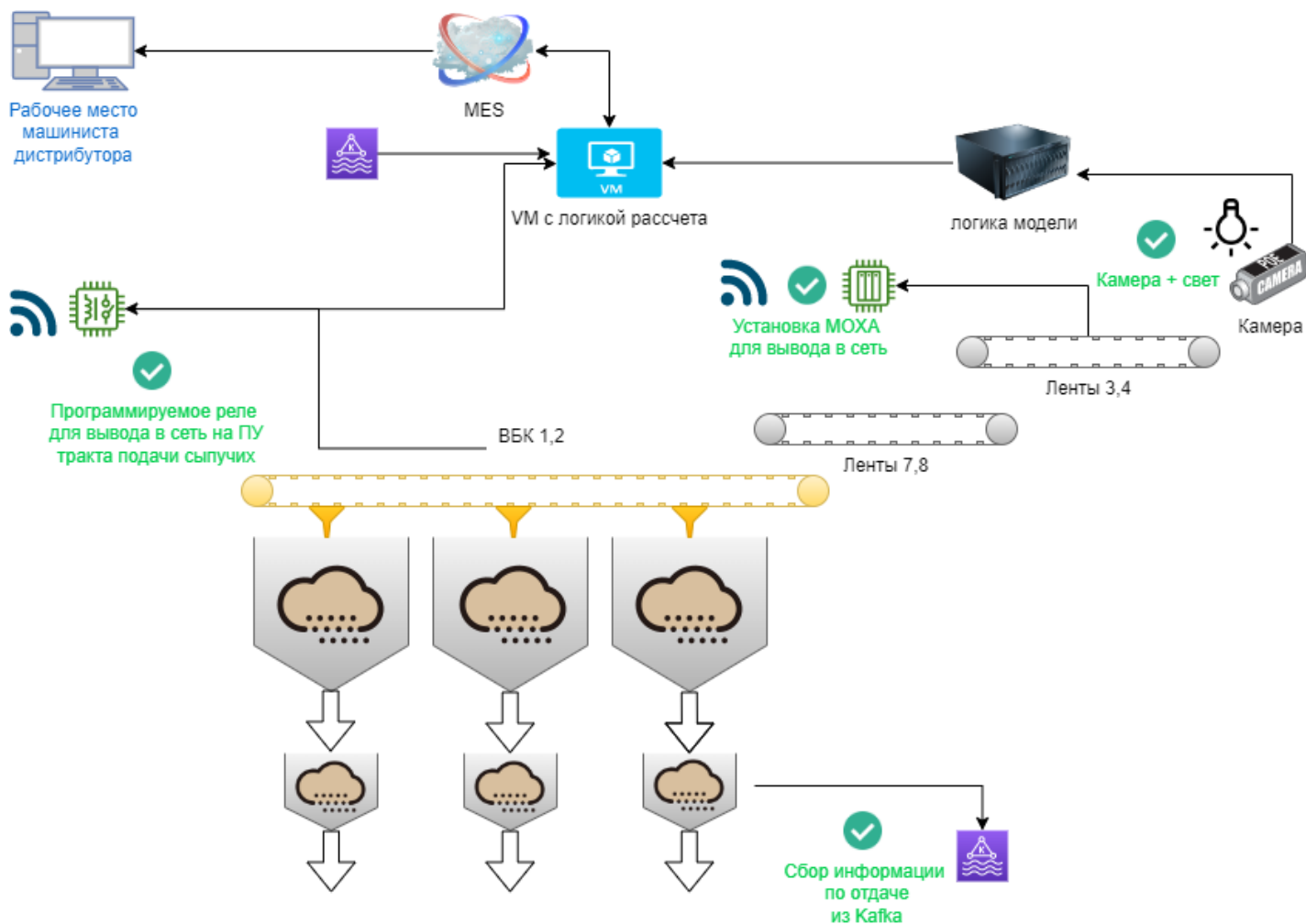
50+, мм



Исследование участка



Дооснащение участка



Итоги



- ❑ Экономический эффект плановый – 0.32 кг извести на тонну, 5 млн. руб. в год
- ❑ С точки зрения модели – заменить модель на новую end-to-end с обучением модели на рассевах для улучшения показателей качества
- ❑ Дооснащение участка оборудованием
- ❑ Интеграция с ССМ МЕС