
Машинное зрение как инструмент повышения операционной эффективности

 Шестаков О.С. / Батиков А.О.

 11 октября 2022 г.



О ЧЕМ СЕГОДНЯ ПОГОВОРИМ:

- 01 О нас - «Лаборатория измерительных систем»
- 02 Как мы работаем
- 03 Реализованные проекты
- 04 Вопросы

Кто мы?



5

лет
в компании

> 5

лет
в области Качества

26

реализованных
проектов

6

проектов
в реализации

28

сотрудников

ООО «Лаборатория Измерительных систем» (полный цикл разработки (от идеи до реализации))

-  Ориентированы на получение заказчиком технического и экономического эффекта, так как имеем производственный бэкграунд
-  Привлекаем широкую экспертную среду на всех этапах
-  Вырабатываем решение после посещения производства и получения обратной связи технологов, операторов
-  Используем лабораторные исследования в технопарке и прототипирование в производстве
-  Имеем штат экспертов и опыт реализации проектов в производстве





Проблемы в реализации

внешним поставщиком

Сроки

- Мы в «очереди» на реализацию у поставщика
- Предлагаемые сроки растянуты, с запасом
- Ни один проект не укладывается в плановый срок

Стоимость

- Стоимость систем делает проекты не окупаемыми
- Значительные ресурсы/затраты на интеграцию
- Значительная стоимость владения и развития

Гибкость

- Решения не открыто и не адаптировано
- Доработки нужно планировать с поставщиком
- Модернизацию и развитие нужно планировать с поставщиком



Решение проблемы

Создание направления
внутренней реализации

Команда

- Проектная команда разработки и внедрения, состоящая из экспертов по ключевым направлениям компетенций.
- Экосреда партнеров по разработке инноваций, проектированию, изготовлению, программированию.

Технопарк

Оборудование CV и измерений, лабораторная площадка, мастерская для прототипирования, возможность промышленного эксперимента в производстве .



Развитие

Масштабирование разработок
для внешних партнеров

Комплексное решение для внешних партнеров

Предложение комплекса решений от внедрения интегрированных систем анализа технологии и качества до решения локальных задач средствами автоматизации и измерения

- С привлечением экосистемы партнеров и ресурсов Северстали
- На основе опыта реализации проектов внутри предприятий Север Групп

Как выстроен наш процесс?



«Лаборатория измерительных систем» реализует инновационные решения в следующих направлениях:

- видеоконтроль качества поверхности
- контроль геометрических параметров и формы продукции различных материалов
- кастомизированные разработки под запрос Клиента

и предлагает к реализации следующие продукты и сервисы:



Технический консалтинг

аудит производственного процесса

выявление точек роста в области качества и др процессов

консультирование по вопросам измерительного контроля



Внедрение «под ключ»

подбор решения

проектирование

изготовление

монтаж

интеграция в существующие сети

обучение персонала



Индивидуальное предложение

комплексы сквозного контроля

локальные системы контроля

моделирование

прогнозирование

оцифровка информации



Уникальные сервисы

методологическое сопровождение

выстраивание клиентских цепочек: поставщик-клиент-потребитель

согласование требований к системе контроля

нормативное регулирование

Пример проекта для цветной металлургии

Лабораторные эксперименты



Эксперимент цветной камерой



Эксперимент чб камерой в ИК спектре



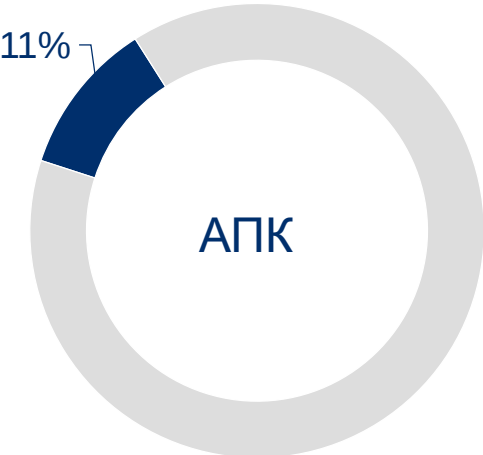
Окончательное решение



ВОПРОСЫ:

- 01 Какие этапы из предложенных выше важны для Вашей компании?
- 02 Чтобы вы хотите и готовы протестировать прямо сейчас?

Наши основные Клиенты



Наши основные Клиенты



Боли клиента	Лаборатория Измерительных Систем	Ценность для клиента
1. Интуитивное принятие решения 2. Ограничения по измерению параметров (~10%) 3. Остановки производства для контроля качества 4. Большая доля ручного процесса 5. Высокая погрешность и неточность результатов	1. Автоматизированное принятия решения 2. Измерение 100% объема и характеристик 3. Измерения в онлайн режиме 4. 100% автоматический контроль 5. Точность измерения в соответствии с потребностью клиента	1. Снижение дефектов продукции на 69% 2. Увеличение производительности на ~5-15% 3. Высокий уровень автоматизации и цифровизации контроля качества 4. Окупаемость ~2 лет



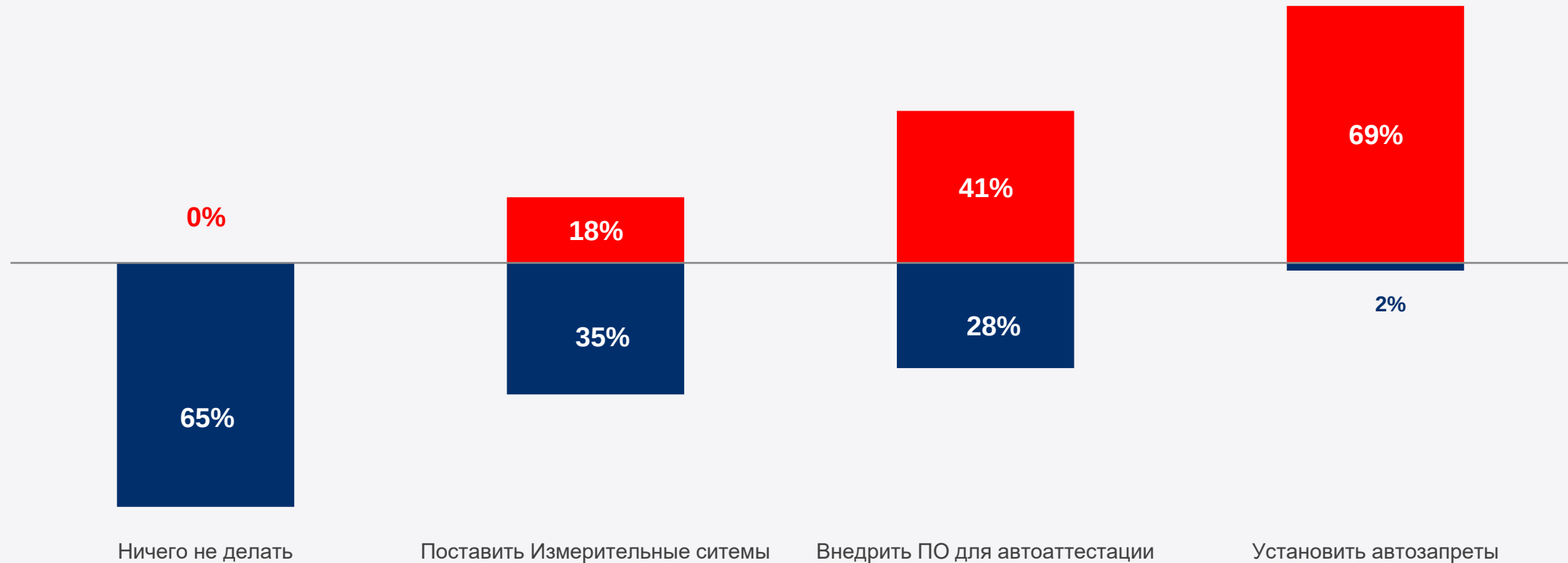
ВОПРОСЫ:

- 01 А какие задачи актуальны для Вас?
- 02 Может уже на данный момент есть потребность, которую бы вы хотели решить?

А что если?*



Эффект
(в %)

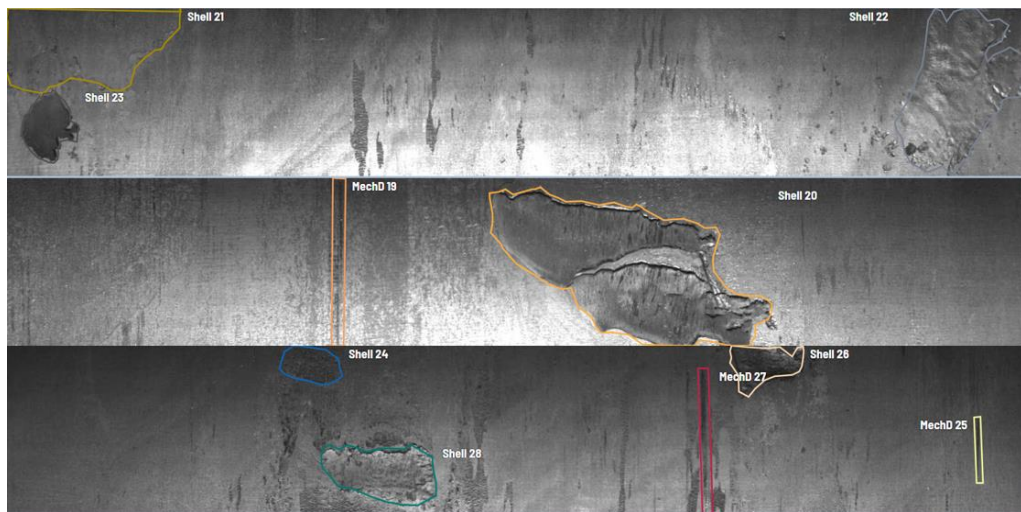


(Снижение претензий по дефекту, %)

*на примере дефектов, рассматриваемых в периметре проекта на ПАО «Северсталь»



Решения для металлургии, цветной металлургии, производства фанеры и деревообрабатывающей отрасли



Модель компьютерного зрения EVE,
представляющая собой нейронную сеть,
помогает находить 4 типа дефектов проката
для повышения эффективности инспекции
продукции

50000 км металла прошло через системы компьютерного зрения с момента запуска

О системе

- Основана на существующей системе
- Полностью заменены алгоритмы нахождения дефектов на нейронные сети
- Добавлен удобный интерфейс анализа продукции
- Результаты используются для авто-аттестации
- Наследует особенности материнской системы



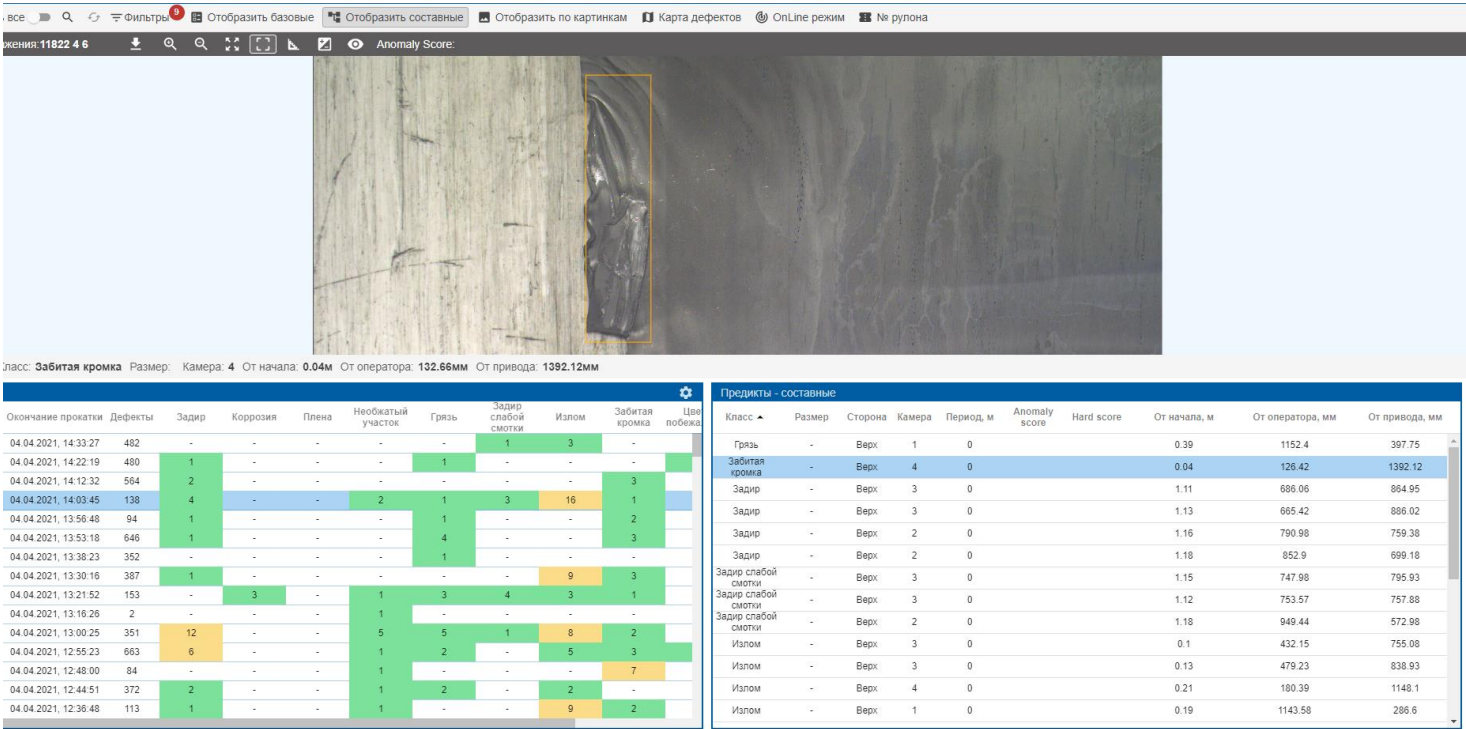
EVE позволяет
исключить человека
из рутинных
операций, самосто-
ятельно inspecting
цифровые снимки
поверхности металла



EVE находит
в 13 раз меньше ложных
дефектов, чем существу-
ющая система инспекции
полосы,
позволяя операторам
в течение своей смены
осмотреть все
потенциальные дефекты



Система находит
в 3 раза больше реальных
дефектов, снижая
количество продукции,
отгружаемой
с браком



Особенности и функции

- **Обучение на решениях консилиума дефектоскопистов:** для ряда дефектов побит уровень экспертов в детекции и классификации
- **Human-in-the-loop:** дообучение на обратной связи от пользователей
- **Детекция аномалий:** поиск нестандартных изображений с высоким риском ошибки
- **Real-time:** обнаружение дефектов в реальном времени, результаты инспекции по рулону сразу после окончания прокатки
- **API:** сторонние сервисы могут использовать результаты работы алгоритма для аналитики и принятия решений



Недостатки существующих решений на рынке

1. Используют устаревшие алгоритмы детекции
2. Закрытый программный код
3. Баги, которые трудно или невозможно исправить (залипание датчиков, ошибки в координатной привязке, слепые зоны)
4. Неудовлетворительное качество работы



Создание своей системы позволило

1. Внедрить и масштабировать более точные решения
2. Полностью контролировать работу системы, модифицировать под потребности клиента
3. Строить экосистему на основе данных от СИП: автоаттестация, оптимизация параметров проката, детекция поломок

Система инспекции поверхности для холоднокатаного и холоднокатаного оцинкованного проката

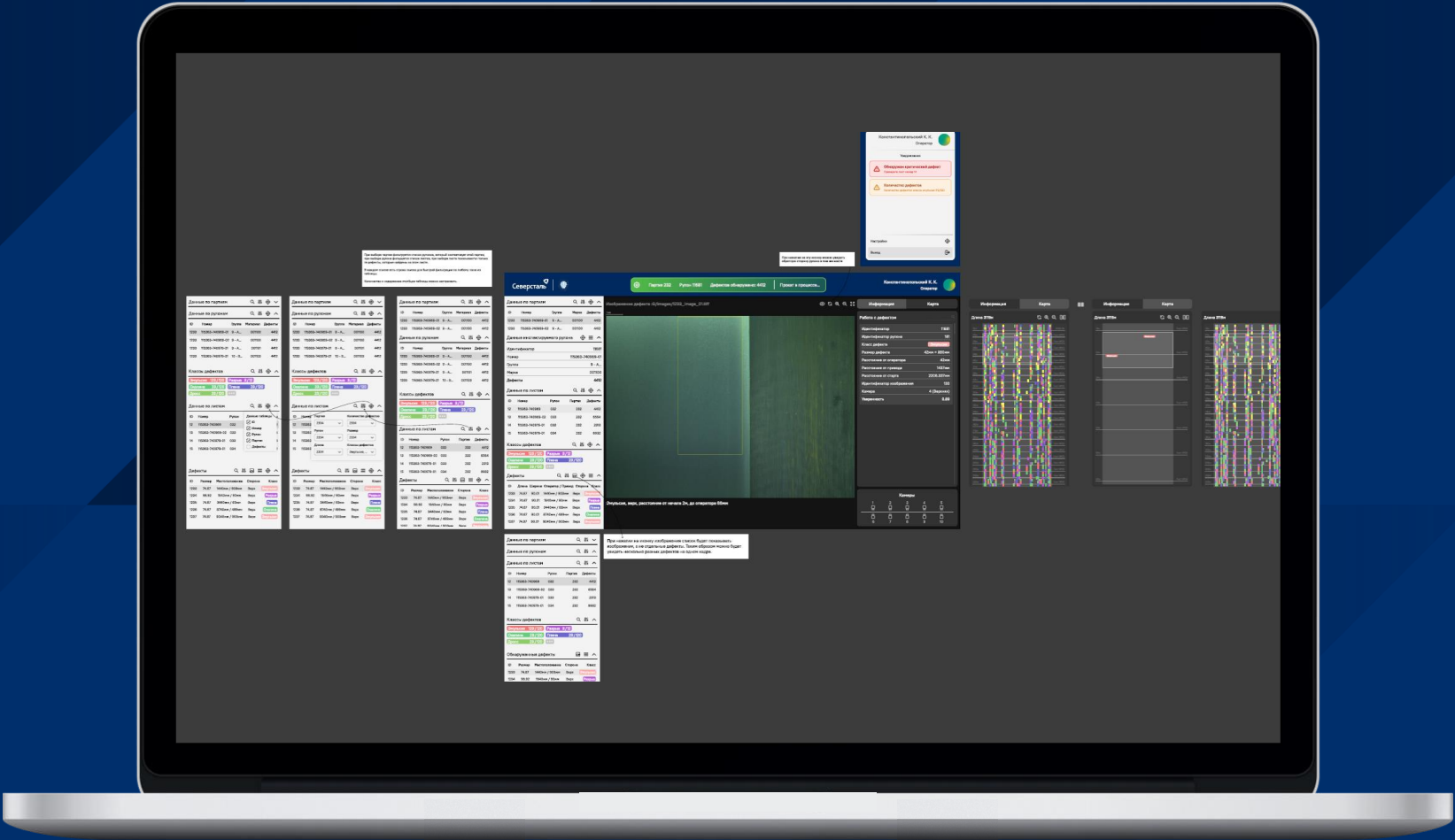


Технические характеристики	
	0,25 x 0,25 мм Минимальный размер выявляемых дефектов
	до 6 м/с Скорость контроля с двух сторон проката
	32 вида дефектов Выявляет и классифицирует установка в режиме реального времени
	1 год сохранение результатов контроля и интеграция в АСУ системы предприятия

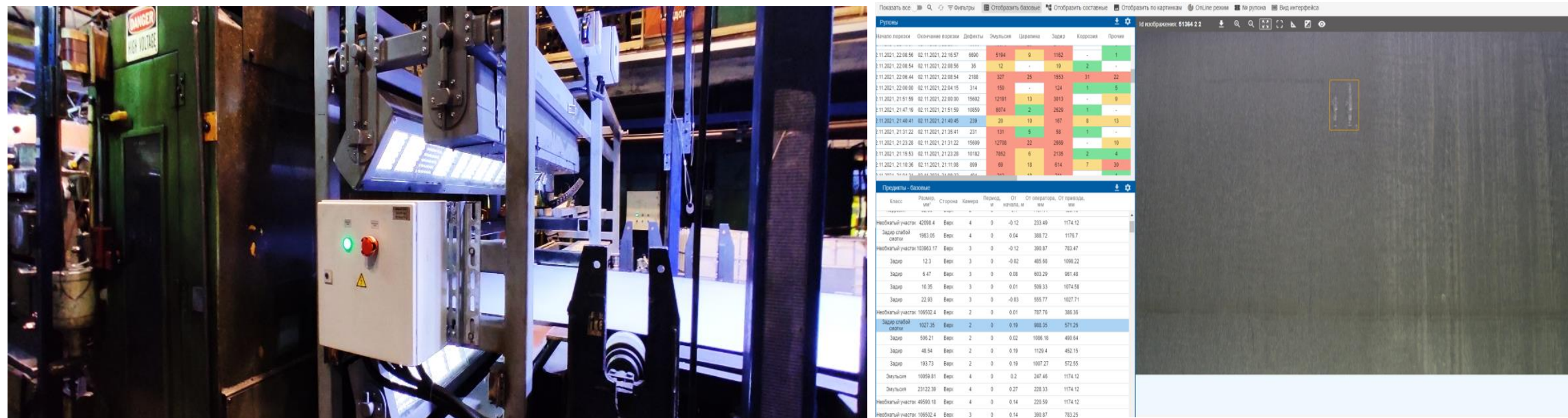
Основные блоки установки	
Блок цветных быстродействующих камер машинного зрения высокого разрешения с двух сторон проката	
Два блока импульсных LED осветителей – для плоских и объемных дефектов Контроль с двух сторон проката	
Рама установки с механизмом перемещения из рабочего в сервисное положение и блоком рассеяния света	
Система автоматики установки с блоками синхронизации, полевыми датчиками и коммутационным оборудованием	
Вычислительные сервера с GPU и сервера хранения данных. ПО нейросетевыми алгоритмами распознавания дефектов и гибкий интерфейс пользователя	



Интерфейс системы



Эффекты для пользователей



Снижение претензий по дефектам поверхности
в 2 раза

Корректировки технологии по сигналам от системы

Увеличение доли высоко маржинальных заказов
на 15 %

за счет перехода в высшие категории качества

Рост производительности производственной линии
на 3%

за счет автоматизации операций контроля качества

Повышение уровня **лояльности**
клиента

и заинтересованности в расширении сотрудничества



Система контроля геометрических параметров спроектирована на базе 2D лазерных профилометров, позволяет проводить контроль продукции на любой скорости с компенсацией влияния вибрации



Точность измерения
плоскостности
+/-1 мм/метр

Точность измерения
ширины
+/- 0,5 мм

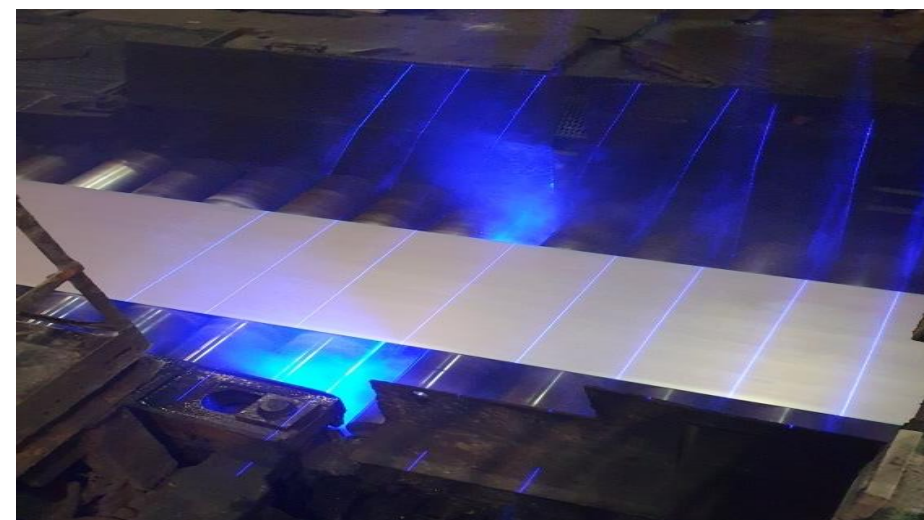


Снижение претензий
по плоскостности
на 20%

Корректировки
технологии по
сигналам от системы



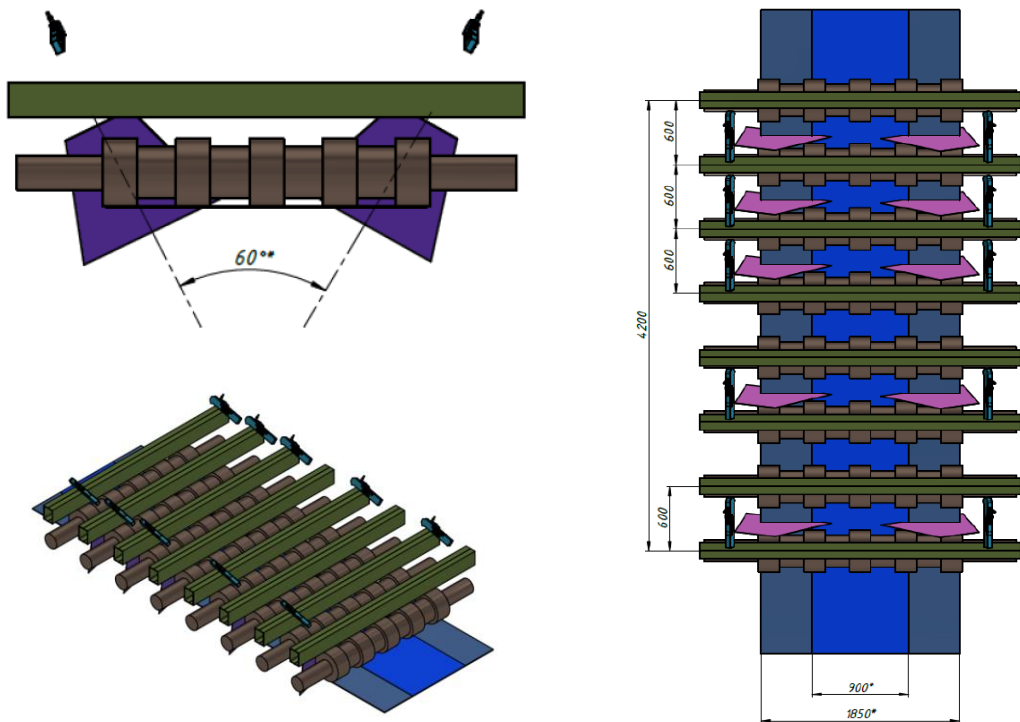
Стоимость системы
в 3 раза ниже,
чем у ближайшего
аналога, выбранного
в ходе тендера



Автоматизированная система измерения ширины и серповидности листа

Автоматизированная система измерения ширины и серповидности стального листа позволяет измерять геометрические параметры со следующей точностью:

- Ширина ± 1 мм.
- Серповидность ± 1 мм на всю длину листа.



Установка для замера геометрии профиля арматурного и круглого проката в линии мелкосортного стана 250

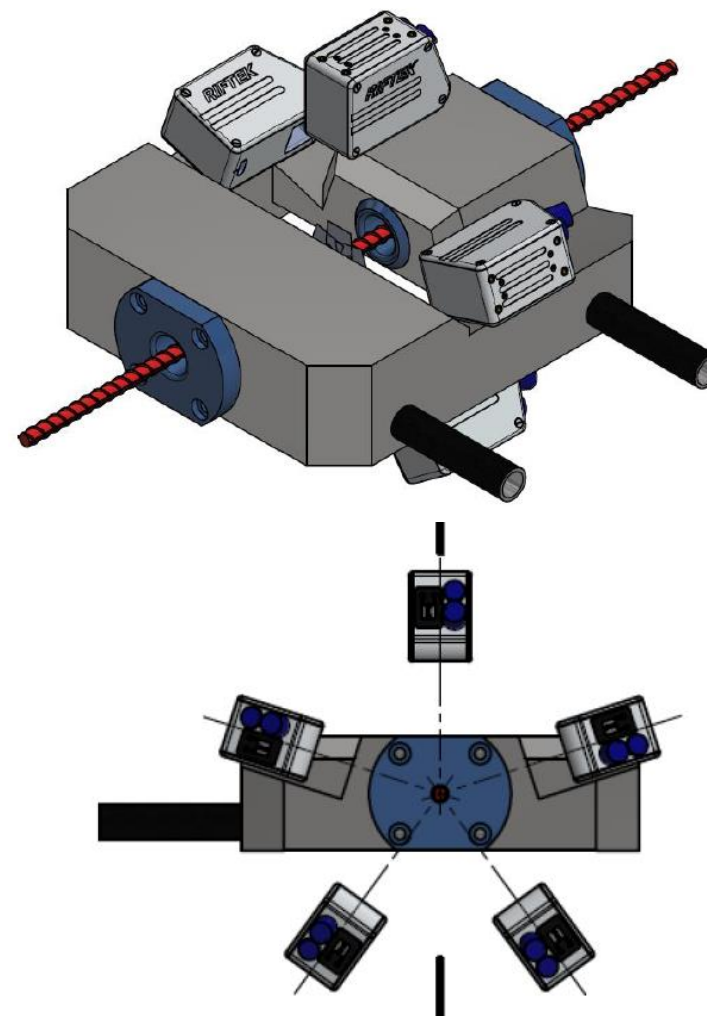


- Автоматическое измерение геометрии профиля в линии мелкосортного стана 250
- арматурный периодический профиль № 10 ÷ 25 различной нарезки поперечных ребер
- прокат круглый диаметром 10-26 мм в прутках и мотках
- Температура измеряемого изделия – 480-600 °С
- Скорость прокатки – 6-15 м/с
- Точность измерений $\pm 0,05$ мм

Эффект:

Технический: сокращение времени переналадки на 5 минут.

- 2000 переналадок в год
- 167 часов производственного времени в год
- 50 т в час производительность стана 250
- на 8 350 т в год - потенциал увеличения производительности
- 10 тыс. руб. маржа с тонны арматуры
- подтверждена возможность продажи доп. объема в 10 тыс. тонн



83,5

млн. руб. в год*
Экономический эффект

42,2

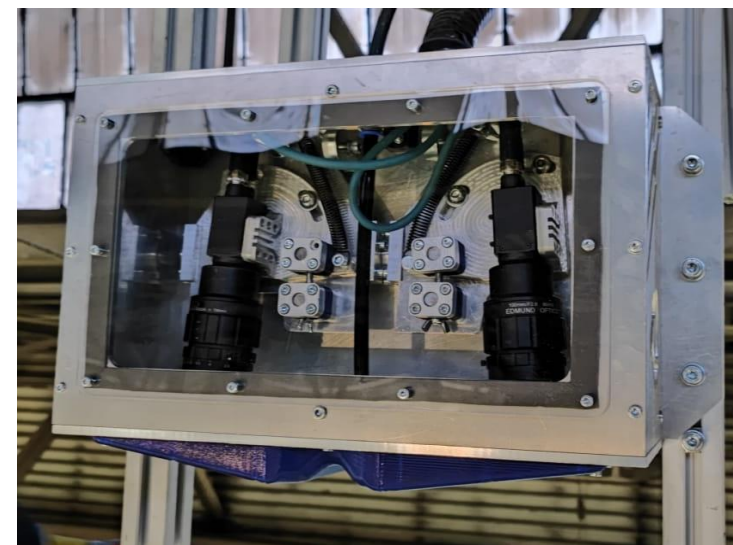
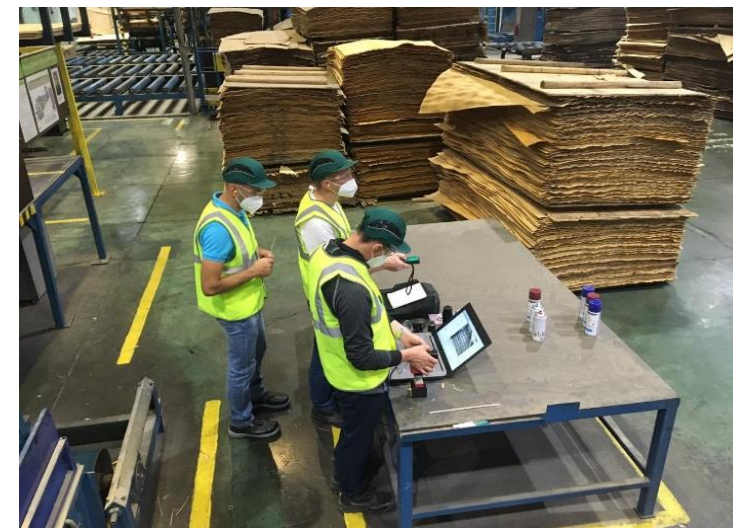
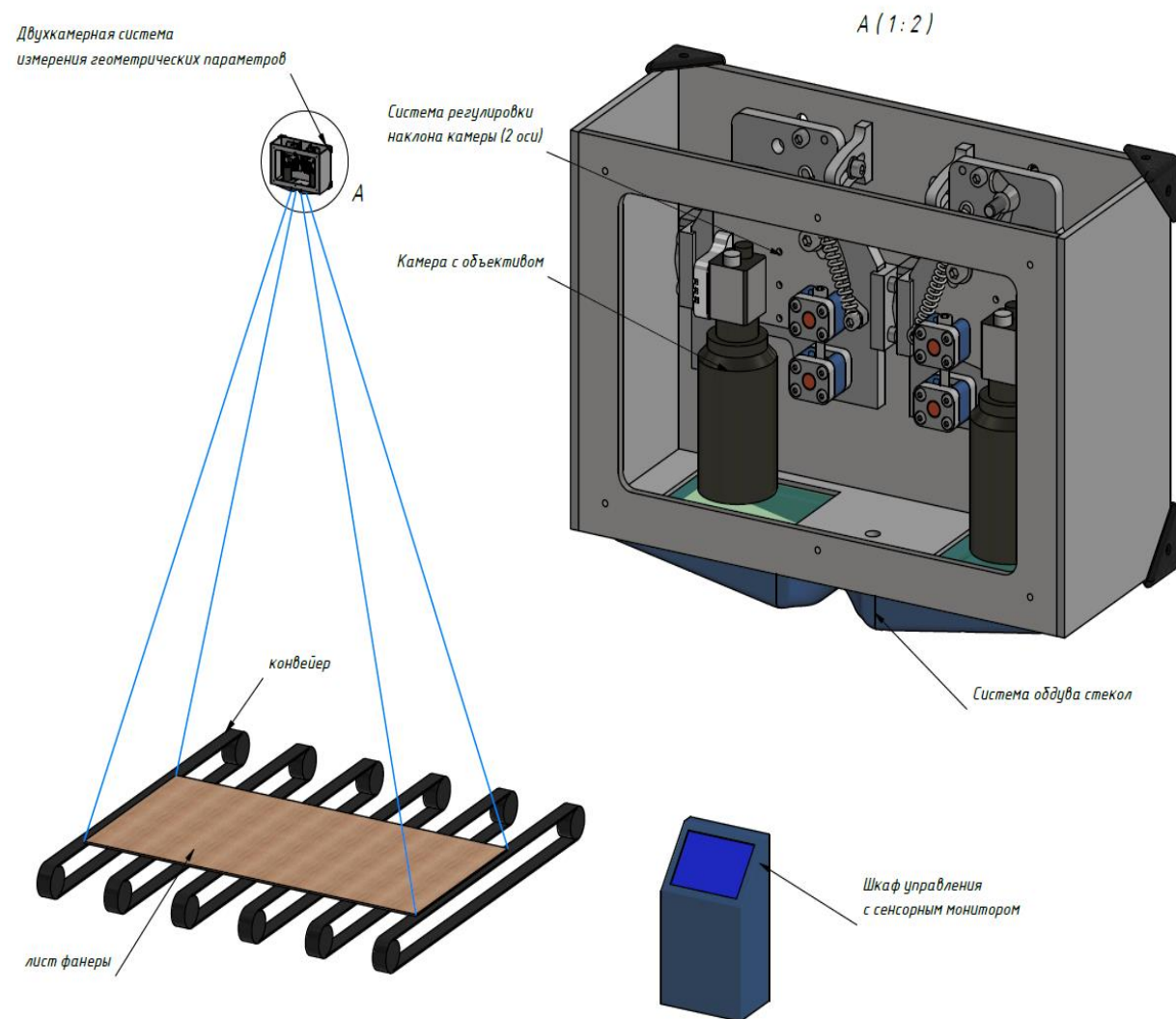
млн. руб.
Инвестиции в оборудование по ТКП
(2 установки в 2 линии)

50,6

млн. руб.
Экспертная оценка пускового комплекса

Пример проекта для фанерной отрасли

Система измерения геометрических параметров и косины реза фанеры



Пример проекта для фанерной отрасли

Пользовательский интерфейс



ПАНЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ

ВЫБОР РЕЦЕПТА

белая86x11

Выбран рецепт: белая86x11
Длина: 5300
Допуск длины: 5500
Ширина: 11
Допуск ширины: 3
Косина: 4.5
Прямолинейность: 7.3

НОВЫЙ РЕЦЕПТ

Имя рецепта

Длина,мм и допуск(+/-)

Ширина,мм и допуск(+/-)

Косина

Прямолинейность

ЗАПОМНИТЬ РЕЦЕПТ

ГЕОМЕТРИЯ ЛИСТА

Отклонений геометрии не обнаружено

1600(3mm)

K=2.4

P=1.3

1200(0mm)

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ

Связь с сервером: ok

Подключение к камерам: ok

Инициализация модели: ok

Связь с базой данных: ok

Подключение контроллера: ok

Запуск видеопотока: ok

СТАТИСТИКА ЗА СМЕНУ(средние значения)

Дата	Время	Рецепт	Длина	Ширина	Косина	Прям.	Норм.	Откл.
14.11.21	02.12-04.15	белый45x27	2500	1350	1.4	1.7	101	7
14.11.21	02.12-04.15	белый45x27	2500	1350	1.4	1.7	101	7
12.11.21	18.47-19.34	ламинат96x64	2441	1600	1.9	1.4	100	2

ТАБЛИЦА ОПЕРАТОРА(измеренные значения)

Дата	Время	№	Рецепт	Длина	Ширина	Косина	Прям.	Откл.
4	01.43	14	белый45x27	1450	1300	2.7	1.6	нет
3	01.43	14	белый45x27	1450	1300	2.7	1.6	нет
2	10.47	12	ламинат96x64	1600	1200	2.4	1.3	нет
1	18.24	13	ламинат24x14	1500	1100	2.2	1.1	да
0	23.12	14	ламинат45x27	1450	1300	2.9	1.6	нет

Пример проекта для цветной металлургии

Проблема



Внештатные ситуации

Не все отверстия заполняются металлом равномерно, не все слитки кристаллизуются равномерно, и возникают «проливы» металла в одном или нескольких отверстиях.



Невозможность визуального контроля

Обходчик также не замечает пролив металла. Визуальный контроль может не помочь в ситуации, когда сразу после обхода литейщиком начинается пролив металла (например, сразу за спиной/после обхода).



Задача

Для оперативной реакции на пролив и исправление ситуации необходимо незамедлительно обнаружить проблему и среагировать, перекрыв подачу металлу в данное конкретное отверстие.

Пример проекта для цветной металлургии

Гипотезы



№	Технические решения	Точность	Универсальность  для различных типоразмеров столов	Стоимость	Разное
01	Лазерные, ультразвуковые датчики расстояния	✓	✗	✗	• Большое количество датчиков (ЗИП)
02	Лазерные 2D триангуляционные датчики профилометры	✓	✗	✗	• Большое количество датчиков (ЗИП)
03	Лазерные 3D триангуляционные датчики	✓	✗	✗	• Большое количество датчиков (ЗИП)
04	Технология лазерного измерения LiDAR (Light Detection and Ranging)	✓	✓	✗	• Невысокая чувствительность
05	3D-камеры ToF (Time of Flight)	✓	✓	✓	• Небольшой диапазон до объекта
06	Лазерная триангуляция на матричной камере и генераторе лазерных линий	✓	✗	✗	• Низкая скорость работы
07	Решение на существующих IP-камерах	✓	✓	✓	• Сбор датасета Вычислительные мощности
08	Применение специализированных камер с системой оптической фильтрации	✓	✓	✓	• Трудоемкость настройки

Пример проекта для цветной металлургии

Принципиальная схема и описание решения



Параметры

Ч/б камера в ИК спектре

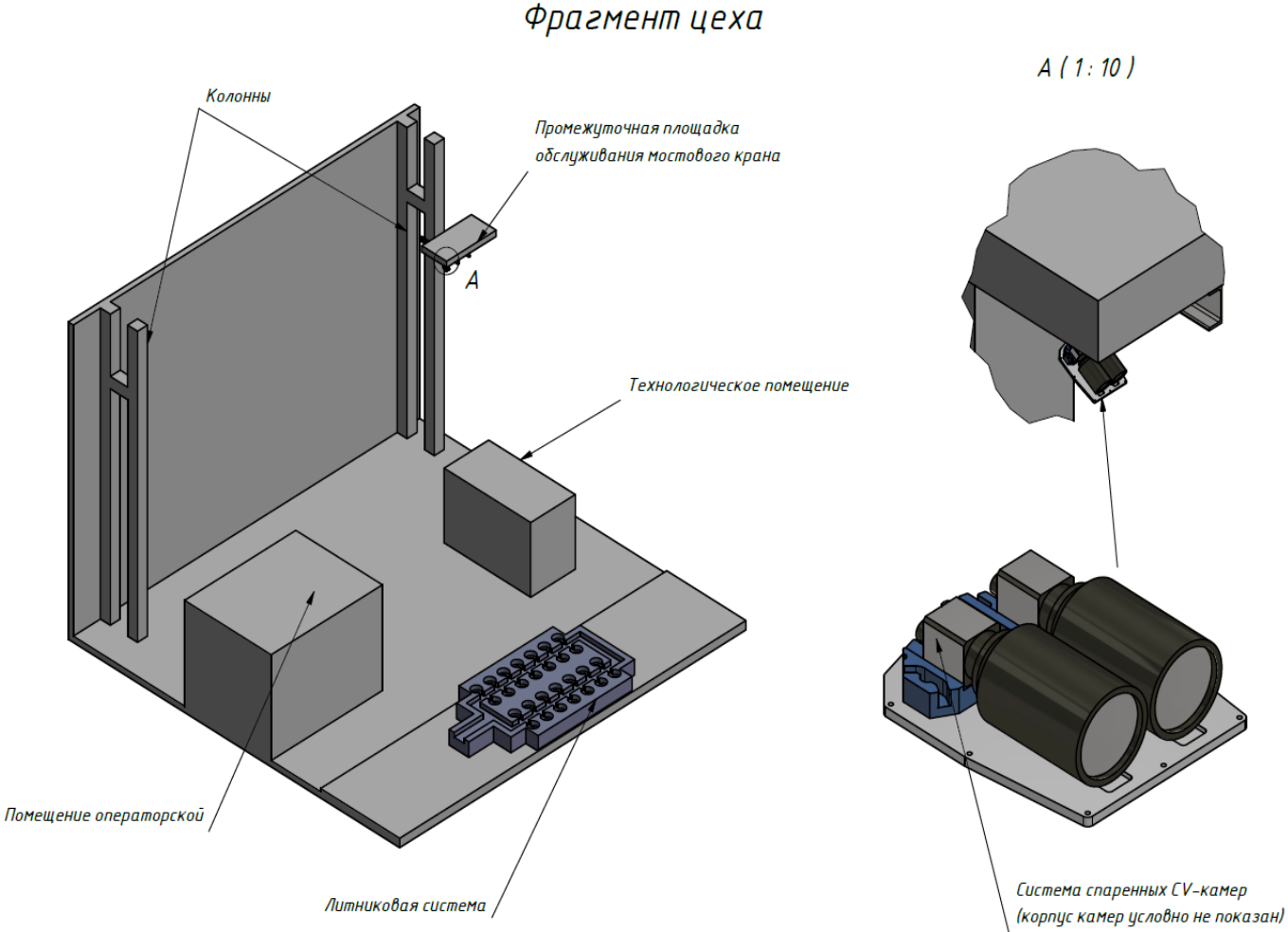
Цветная камера

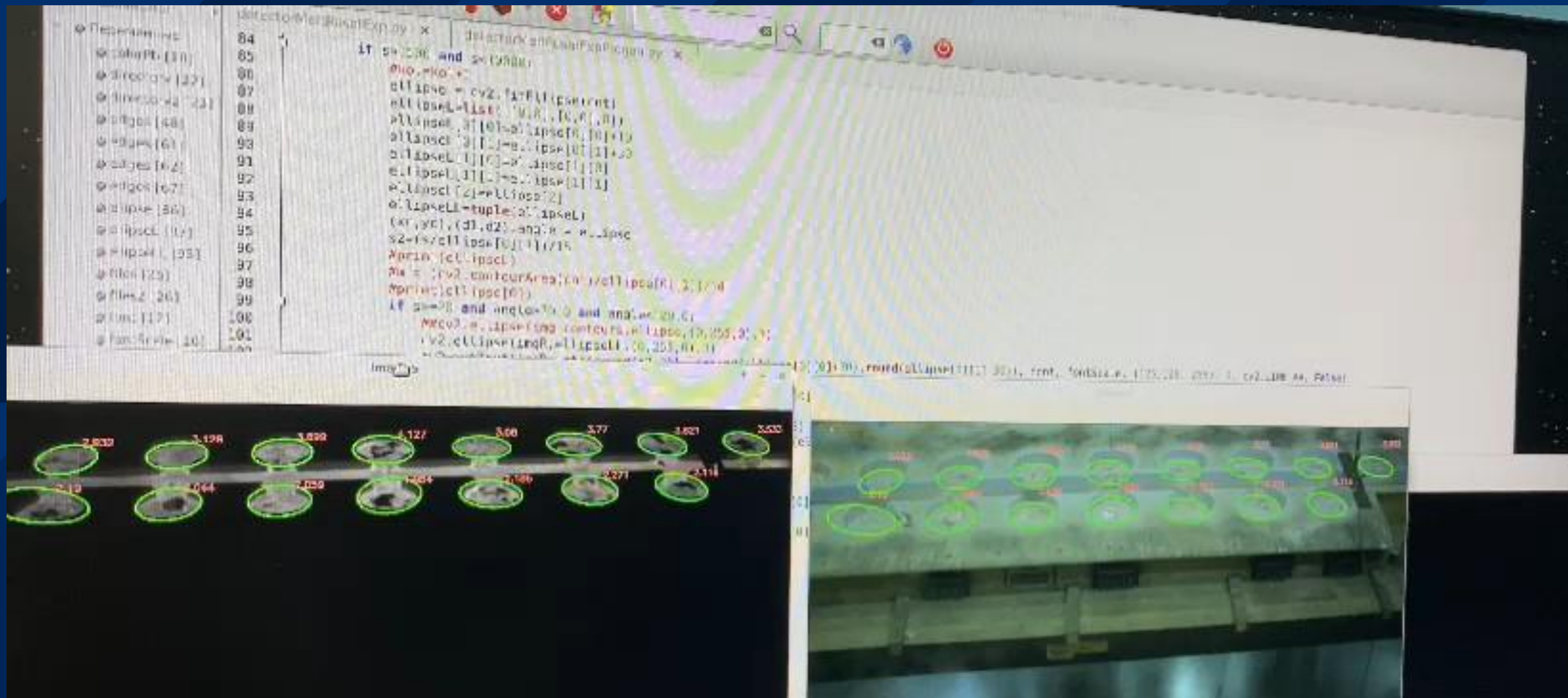
Комплекс моделей

Обнаружение человека

Исключение «пустых»/закрытых ячеек

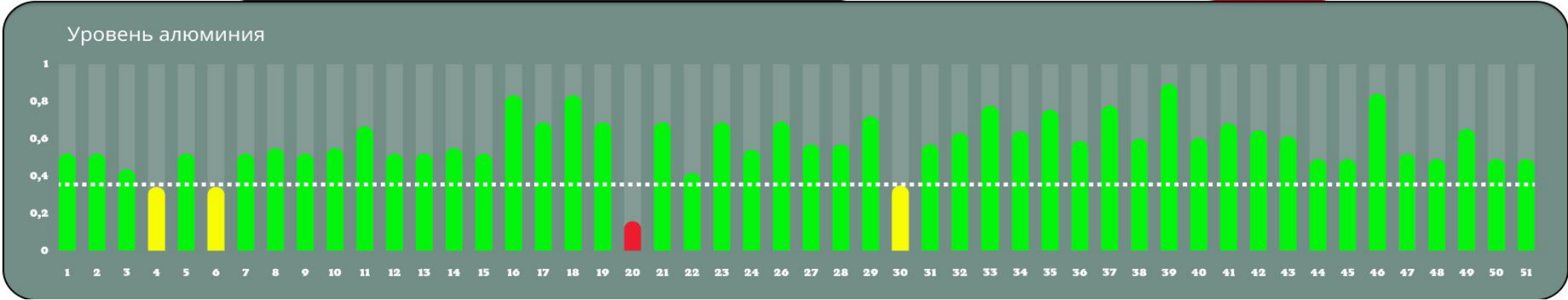
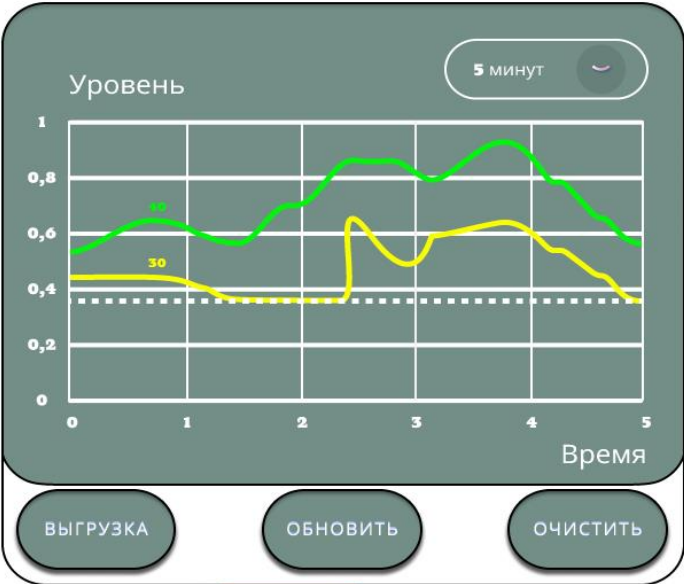
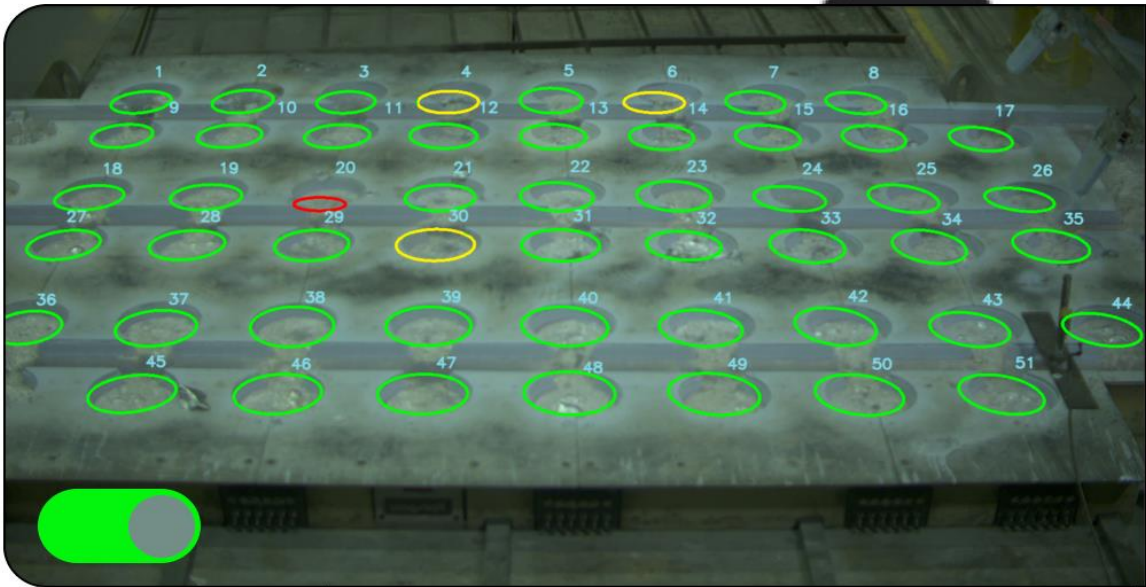
Исключение незначительного пара





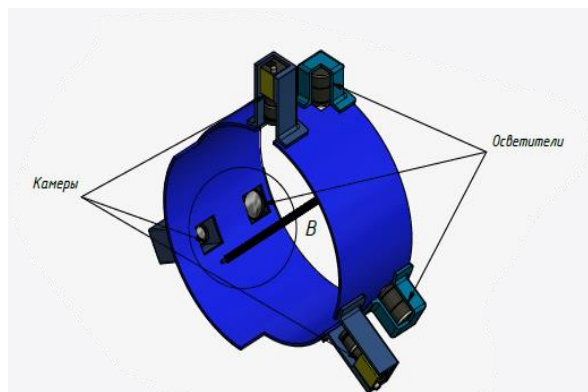


Система контроля уровня алюминия



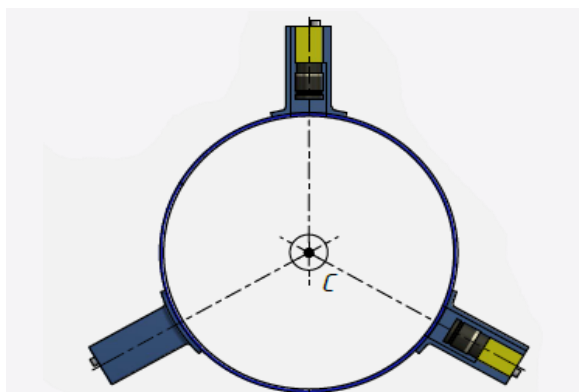
Пример проекта для метизного производства

Система контроля качества для канатной машины



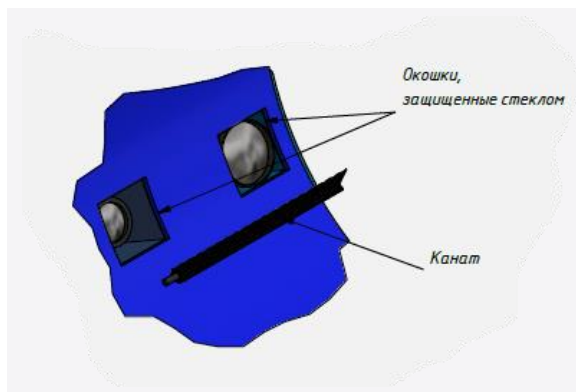
Автоматизированная система контроля на основе технологии машинного зрения

- обнаружение поверхностных дефектов на скорости до 3 м/с;
- классификация дефектов;
- информация о качестве в режиме он-лайн;
- архивация данных и передача на уровень MES;
- возможность дообучения модели;



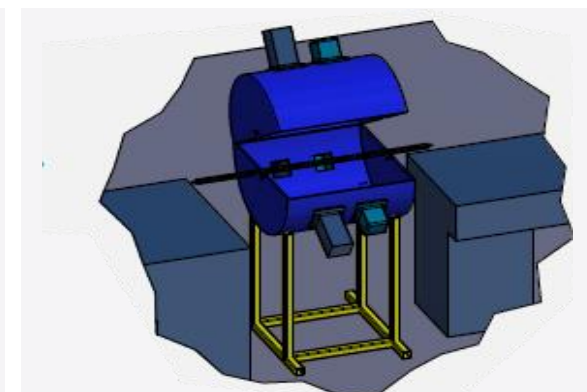
Камеры с 3-х сторон обеспечат 100% внешний контроль, с перекрытием зон

- отклонение диаметра;
- отсутствие проволок;
- перекрецивание проволок;
- перекут пряди;
- неравномерный зазор между проволоками;
- выдавливание сердечника или проволоки.



Для каждой камеры свой осветитель и защитные стекла

- контрастное изображение с разрешением 0,1 мм;
- синхронизация работы осветителя и камеры со скоростью каната;
- привязка дефекта к единице продукции



Защитный кожух с возможностью открытия и отката для проведения технического обслуживания

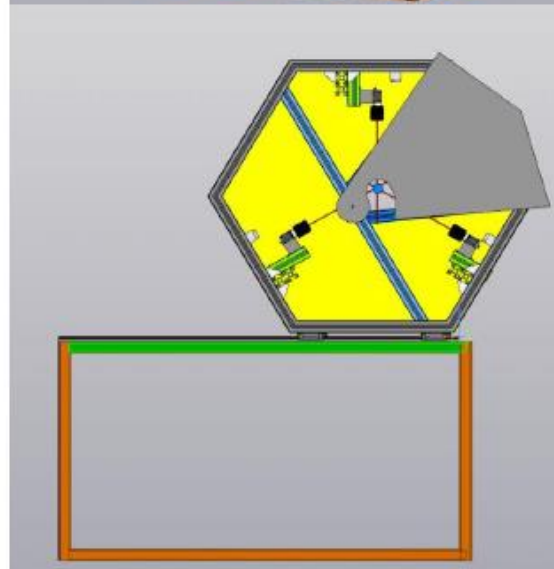
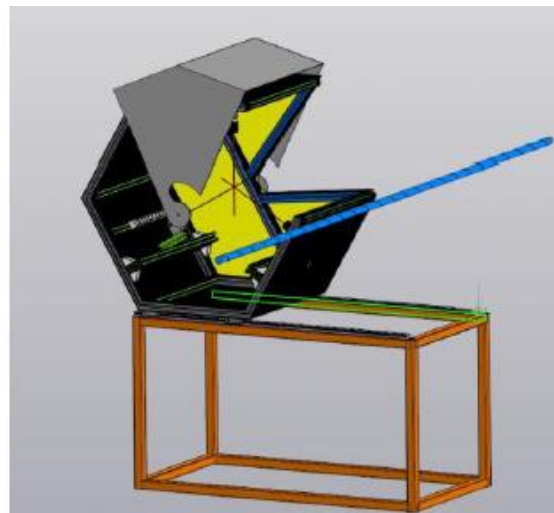
- Оптимизированная по затратам конструкция;
- простота обслуживания и расширения системы
- возможность масштабирования решения

Пример проекта для метизного производства

Система контроля качества для канатной машины



- 01** Конструкция рамы выполнена из алюминия, смонтирована на подставку с возможностью перемещения из рабочего положения в сервисное.
- 02** Рама устанавливается в потоке канатной машины.
- 03** Внутри установки располагаются 3 камеры, которые позволяют контролировать 100% поверхности каната.
- 04** Система ведет детекцию поверхности и при необходимости может классифицировать дефекты на классы.





Импортозамещение Сервисов

Измеряя настоящее, изменяем будущее



О ЧЕМ СЕГОДНЯ ПОГОВОРИМ:

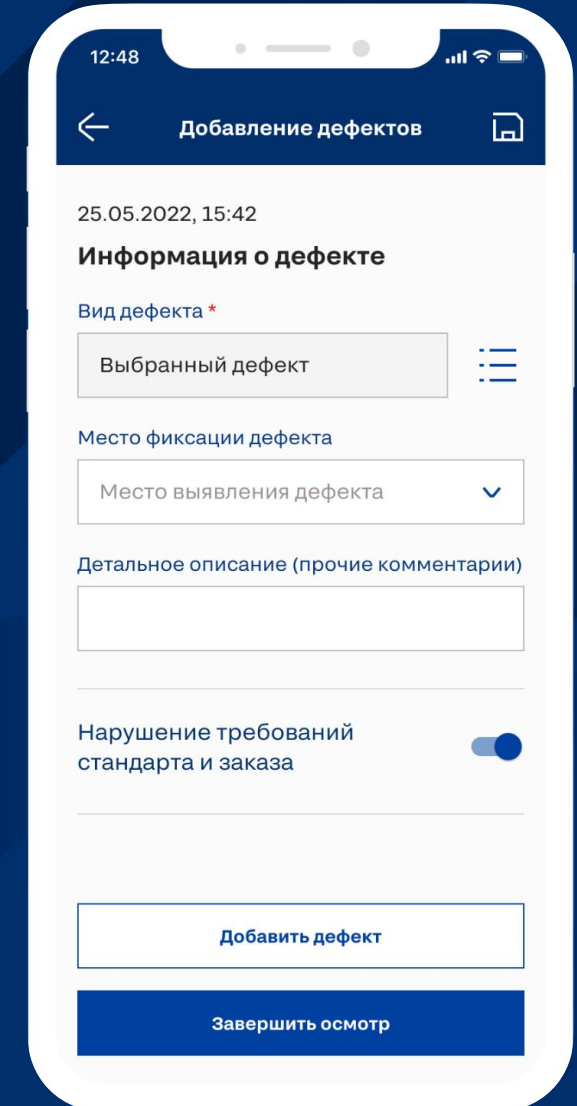
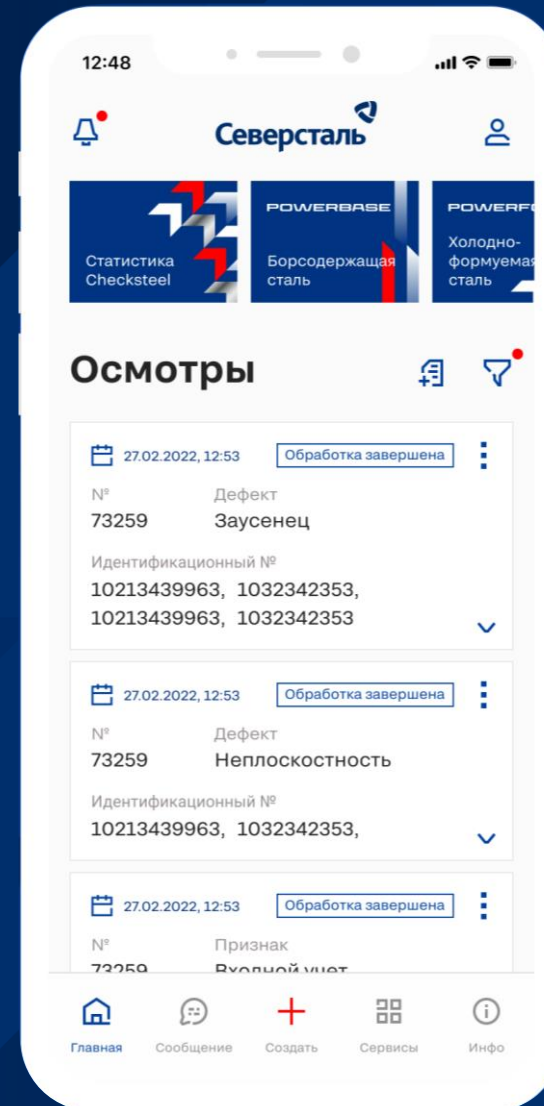
- 01 Поисково-Аналитическая платформа DigitalIP
 - 02 Платформа по управлению качеством Checksteel
- 





Checksteel – платформа по управлению качеством поставляемой продукции и взаимодействию с поставщиком

- 01** Быстрое формирование отчетов и актов
- 02** Фиксация проблем в режиме онлайн
- 03** Оперативный контроль и учет входной продукции
- 04** Внутренняя инвентаризация
- 05** Обратная связь по качеству продукции и технологическому процессу





12:48

Справочник дефектов ☆ ✕

Нормы ☆

+ Дефекты поверхности

- Дефекты формы

- Некачественная смотка

Выброс витков ☆

Неровная смотка в две строчки ☆

Выброс витков ☆

+ Некачественная смотка в две строчки

+ Нарушение технологии

Нормы ☆

+ Дефекты поверхности

12:48

← Добавление позиции ✕

Информация о

Идентификац. №

№ плавки

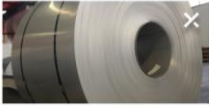
№ плавки *

№ рулона/листа/трубы *

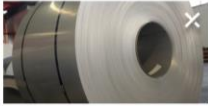
Количество брака

Детальное описание (прочие комментарии)

Фотографии дефекта

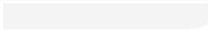


Общий вид *



Доп. фото





12:48

← Уведомления 🗑

Все

Новый статус

Новый осмотр

23.09.2022, 10:23

Новый осмотр

Осмотр №1254 · Плена · Рекламация · Петров И.И.

18.09.2022, 14:53

Новый статус

Осмотр №1354 · Взят в работу

04.09.2022, 12:53

Шаг №3 (статус 8D)

Проблема №5734·Марка стали S235JR·Дефект Плена·По проблеме разработаны сдерживающие мероприятия, просьба оценить скорость и эффективность оперативных действий.

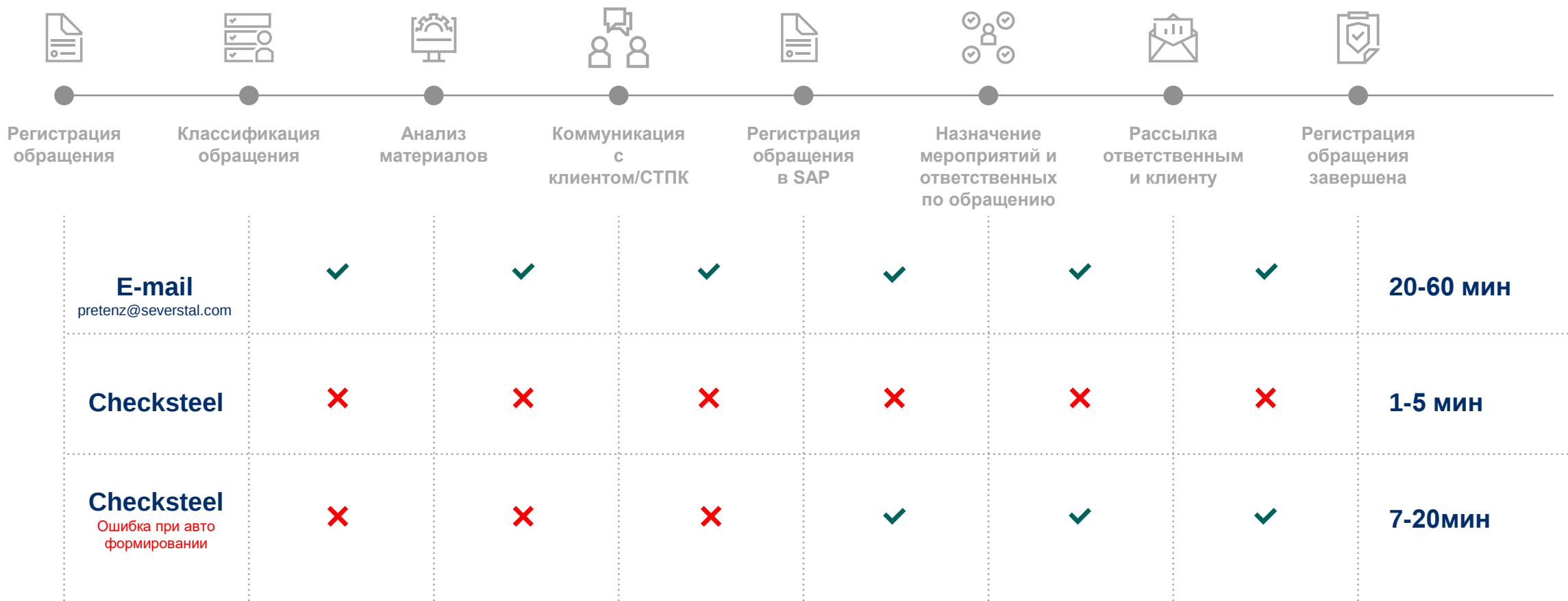
28.08.2022, 13:56

Сообщение

Ваше сообщение «Вмятина на обечайке» обработано и передано в работу

22.08.2022, 11:24

Сокращение время на ответ клиенту в 10 раз





ПОИСКОВО- АНАЛИТИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА **DIGITALP** ПОЗВОЛЯЕТ:



Производить
поиск



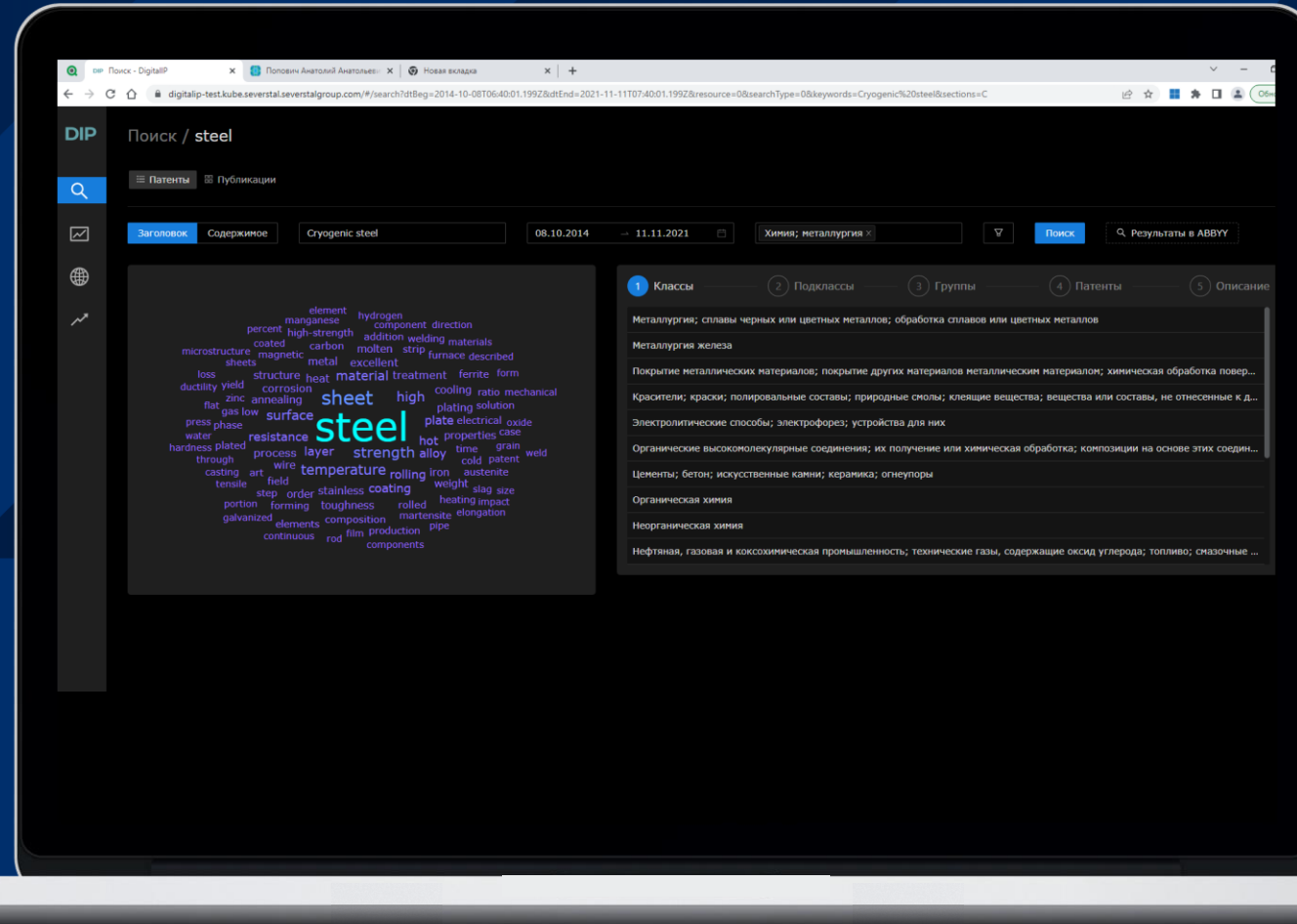
Формировать
статистическую
аналитику

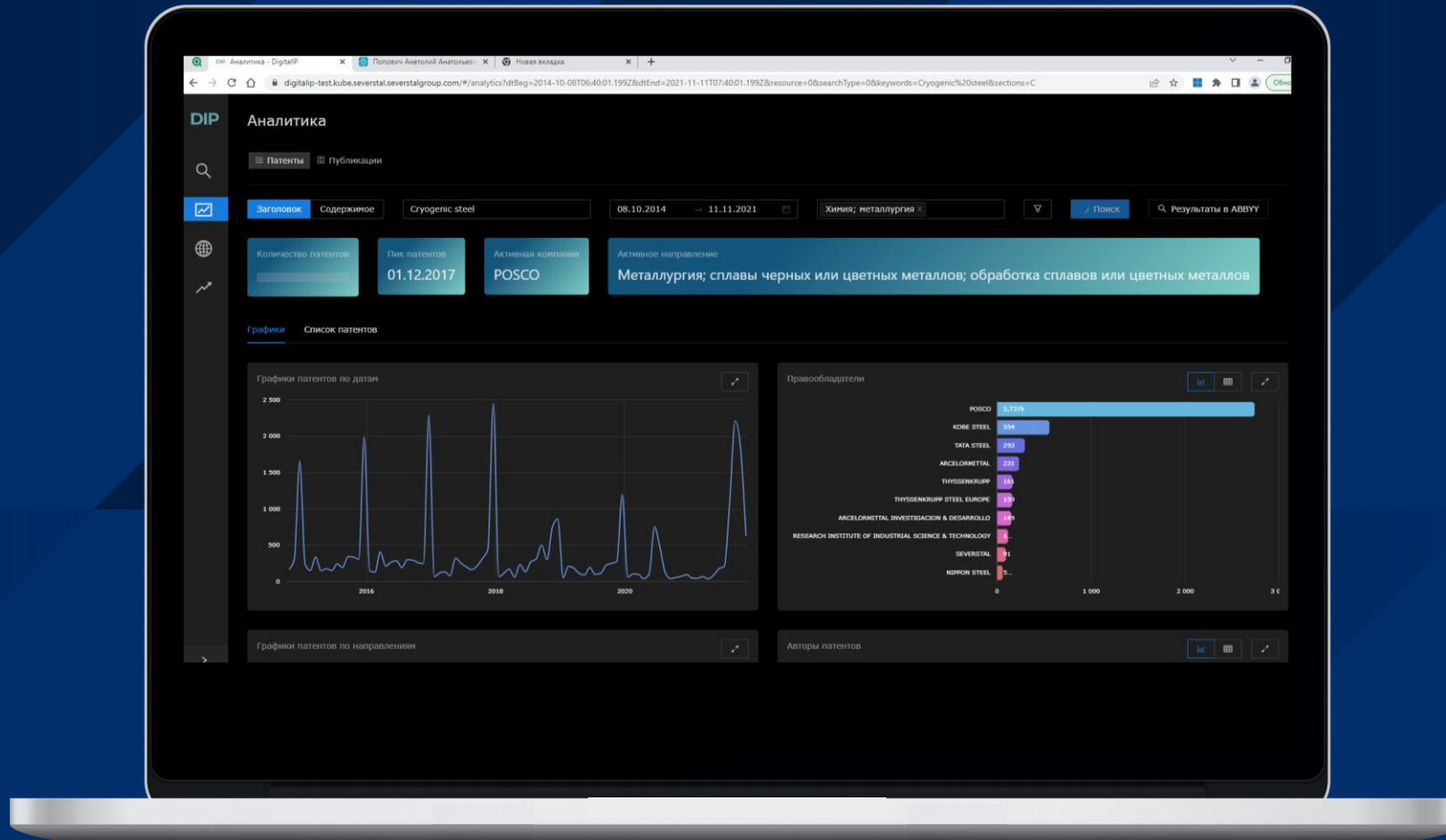


Метаданные статей, патентов
и новостного потока

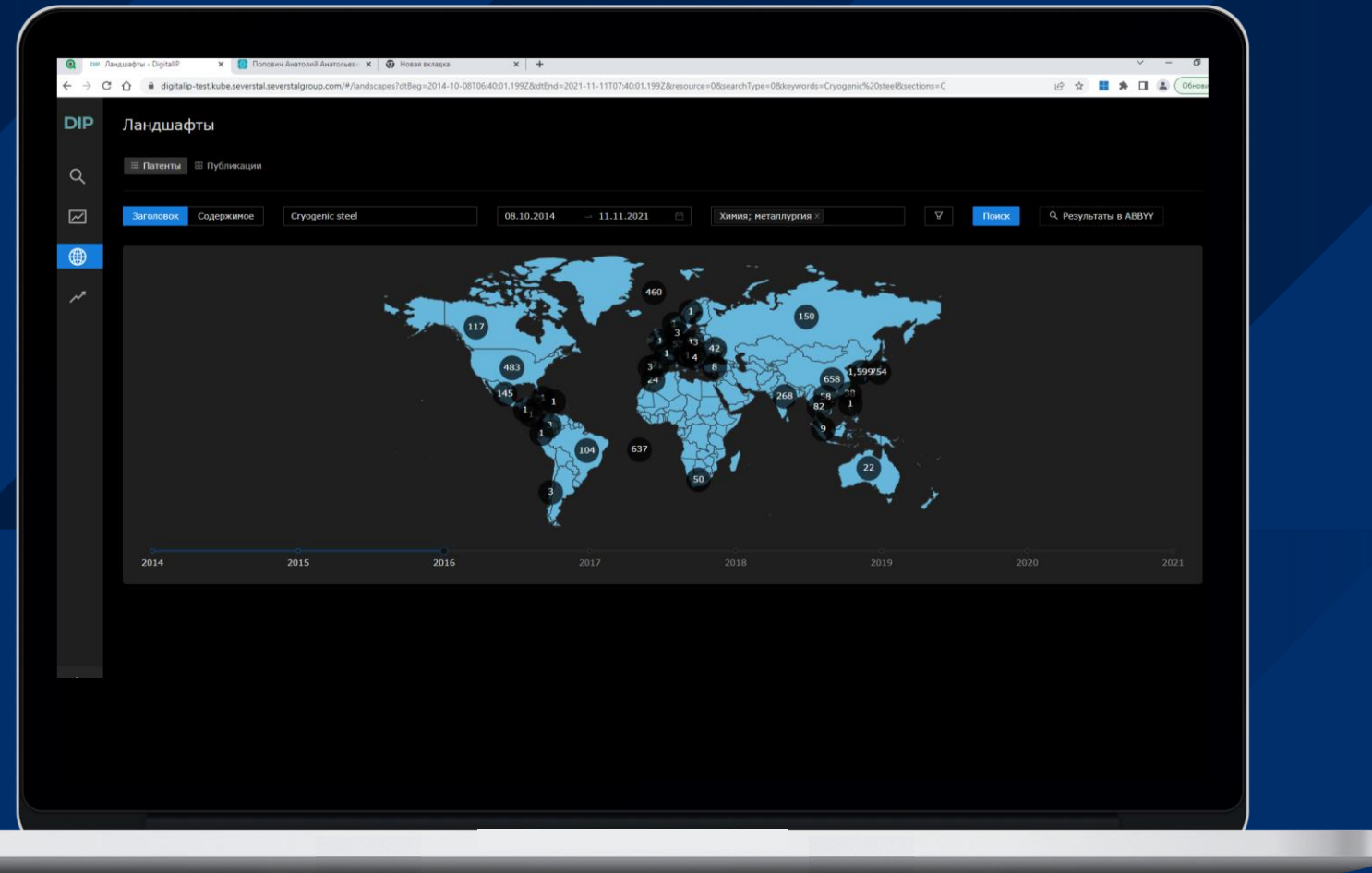
- Подтверждение научных гипотез
- Формирование технико-научного обоснования

50 млн.
научных
статей
и более
2 млн.
патентов











Спасибо!