

Александр Фалелюхин, Константин Шастин, Олег Тарванс

Заполярный филиал ПАО «ГМК «Норильский никель» Медный завод

Увеличение производственной мощности медеразливочного передела медного завода

Проблема: в результате проведенной диагностики Медного завода выявлена недостаточная производственная мощность медеразливочного передела на 15%.

Ключевые мероприятия: Разработаны:

ИАС «Система выявления механических неисправностей» с использованием алгоритмов искусственного интеллекта (далее ИИ) для автоматического выявления и визуализации механических неисправностей во время работы узлов оборудования, формирования перечня необходимых ремонтных мероприятий и составления прогноза длительности работы детали до момента выхода из строя.

ИАС «Система контроля и управления производительностью» для визуализации и выявления факторов, влияющих на снижения производительности во время розлива меди в изложницы. Внедрено оперативное управление производительностью.

Оптимальная диаграмма розлива - с использованием алгоритмов ИИ для автоматической корректировки диаграммы розлива дозирочных ковшей снижения количества брака по качеству отливаемых анодов.

Результаты: достигнуто потенциальное увеличение производственной мощности медеразливочного передела на **17,3 %**, что эквивалентно экономическому эффекту от реализации товарной продукции более **191 млн. евро**.

Aleksandr Falelyukhin, Konstantin Shastin, Oleg Tarvans

Polar Division of the PJSC MMC Norilsk Nickel Copper plant

Increase in the productive capacity of copper pouring reprocessing

Problem: as a result of the diagnostics carried out by the plant, it has been shown that the productive capacity of the copper filling is insufficient and has to be increased by 15%.

Key activities:

“Mechanical faults detection” informational and analytical system that uses artificial intelligence for automatic detection and visualization of mechanical faults during the operation time of equipment units has been developed. The system also creates a list of necessary repair measures upon detecting faults and predicts duration of use of the part before failure.

“Productivity control and management” informational and analytical system for visualization and identification of factors, lowering productivity during copper pouring into the moulds, has been developed. Operational productivity management has been implemented.

The optimal filing chart with AI algorithms for automatic correction of the dosing ladles filling reduces defects in the cast anodes.

Results: the potential increase in the productive capacity of copper pouring processing is **17,3 %**, which is equivalent to an economic effect from the sale of the commercial products of more than **191 million euros**.

Увеличение производственной мощности медеразливочного передела Медного завода

Медный завод
Заполярного филиала
ПАО «ГМК «Норильский никель»

5-9 октября 2020

Медный завод является структурным подразделением Заполярного филиала Компании «НОРНИКЕЛЬ». Основным продуктом производства является медь катодная разных марок.

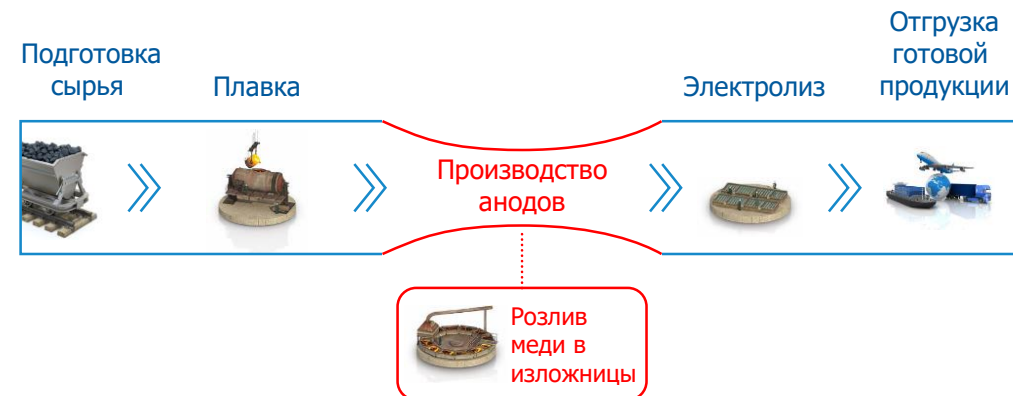
ПРОБЛЕМА

В результате проведенной диагностики Медного завода выявлена недостаточная производственная мощность медеразливочного передела на 15%.

ПРИЧИНА

- Простои оборудования по механическим причинам;
- Недостаточная производительность МРМ*;
- Брак по качеству отливаемых анодов:
 - Отклонение веса анода от целевого до 8%;
 - По внешнему виду до 2%.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ПРОЦЕССОВ МЕДНОГО ЗАВОДА



РЕШЕНИЕ

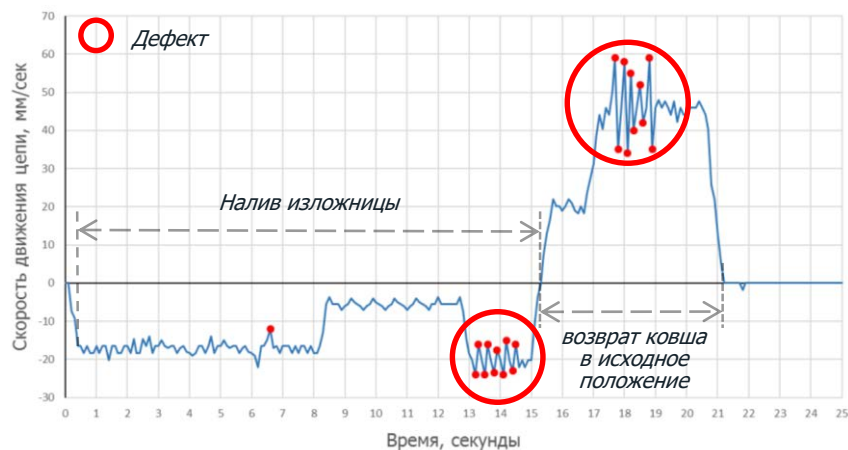
- Создание информационно-аналитической системы (далее – ИАС) «Система выявления механических неисправностей» для определения и визуализации механических неисправностей во время работы узлов оборудования;
- Создание ИАС «Система контроля и управления производительностью»;
- Разработка и внедрение оптимальной диаграммы розлива анодов.

Анализ работы редуктора дозировочного ковша

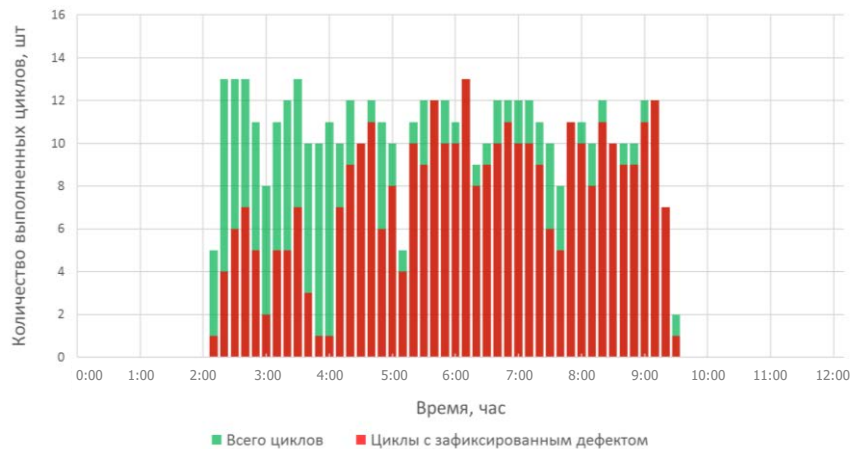
На основании анализа показаний датчиков АСУТП* разработана ИАС «Система выявления механических неисправностей» для определения и визуализации отклонений от нормы во время работы узлов медеразливочного передела.

Операция налива меди в изложницы

Проявление дефекта редуктора, связанного с физическим износом шестерни зубчатой передачи



Статистика проявлений дефекта в течение розлива



Визуализация выявленного дефекта редуктора (видео)



* - автоматизированная система управления технологическими процессами

Анализ дефектов цепи дозирочного ковша

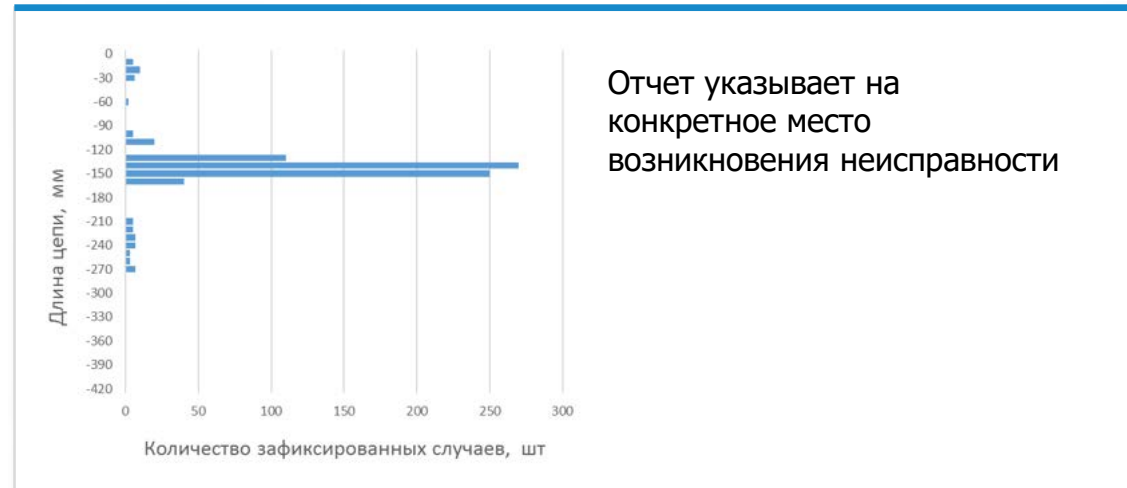
Операция налива меди в изложницу



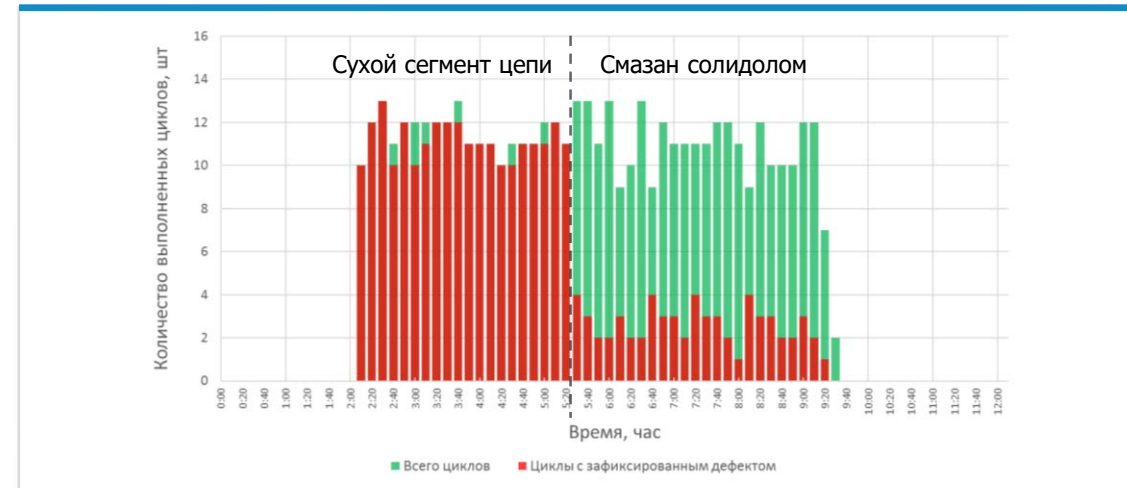
Визуализация выявленного дефекта цепи (видео)



Выявление места возникновения дефектов на цепи



Статистика проявлений дефекта в течение розлива

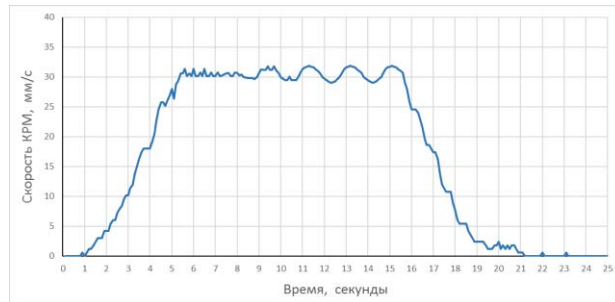


ИАС «Система выявления механических неисправностей» (3/3)

Анализ работы стола карусельной разливочной машины

Примеры типовых графиков скорости движения стола карусельной разливочной машины для выявленных неисправностей

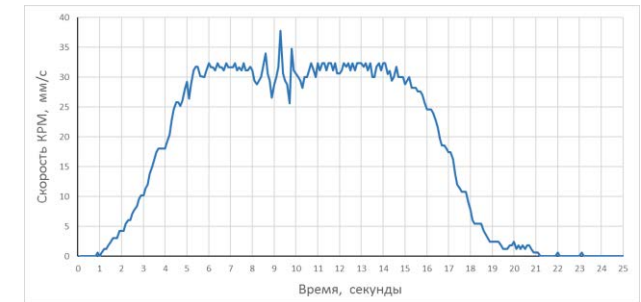
Проскальзывание ременной передачи при растяжении ремня



Неисправность одного из двух редукторов, приводящих в движение стол карусели



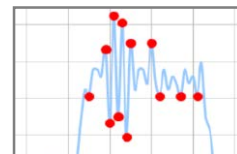
Не смазан солидолом один из толкателей анодов



Результат после реализации: снижение простоев по техническим причинам на ~15%

Предложение: применение технологий «Индустрия 4.0», для дальнейшего развития системы предиктивного выявления механических неисправностей медеразливочной машины.

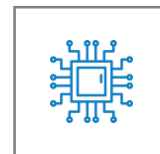
Сбор данных



Показания датчиков АСУТП



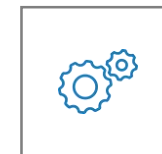
Обработка данных



Искусственный интеллект



Готовое решение



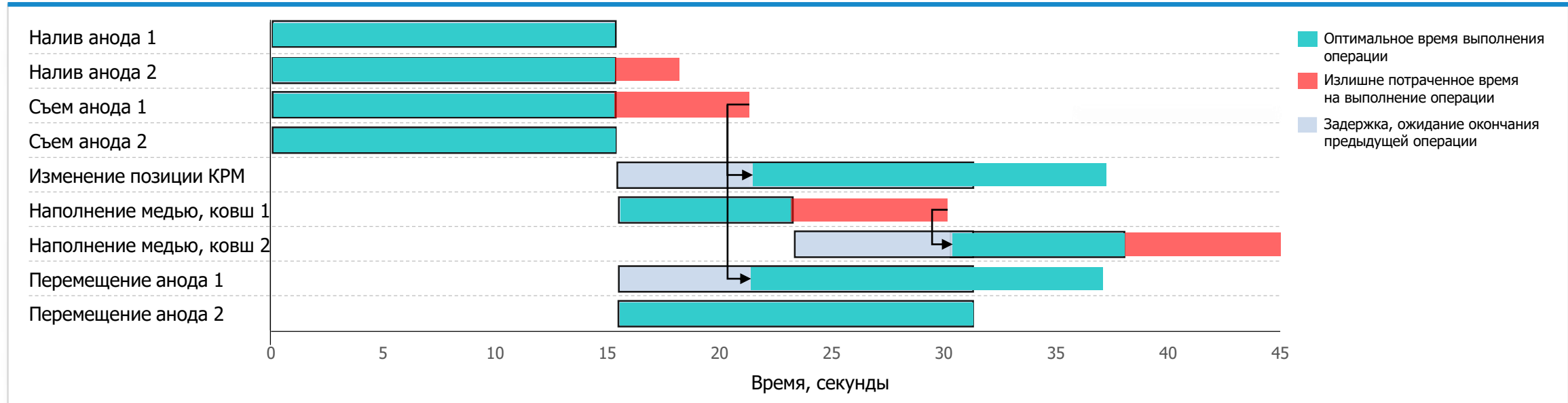
Подсказчик

Ожидаемый результат:

- Определение неисправной детали механизма;
- Формирование перечня ремонтных мероприятий для устранения выявленной неисправности;
- Прогноз длительности работы детали до момента выхода из строя.

Анализ потерь времени при розливе анодов

Анализ потерь времени при выполнении операций цикла отливки 2х анодов (анимация)



Примеры. Анализ производительности МРМ в течение розлива

Выявление снижения производительности, связанное с человеческим фактором:



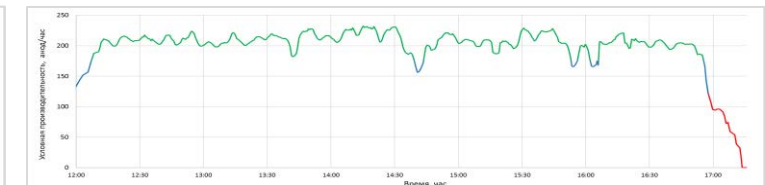
- Пересмена бригад;
- Обеденный перерыв;
- Незапланированные перерывы.

Выявление лучших практик ведения технологического процесса



Автоматическое определение победителей производственных соревнований.

Фиксация рекордов по производительности

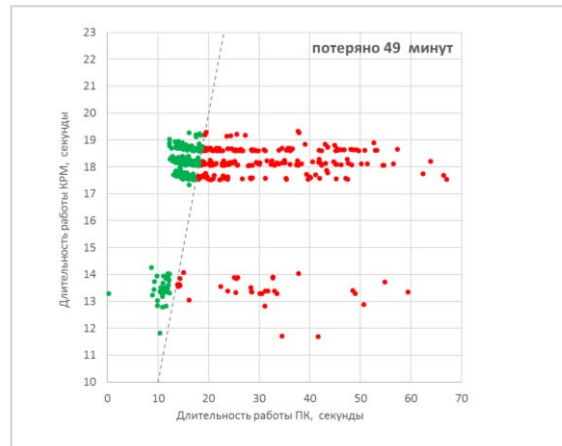


- Оптимальная для режима 2 анода за цикл
- Оптимальная для режима 1 анод за цикл
- Ниже оптимальной

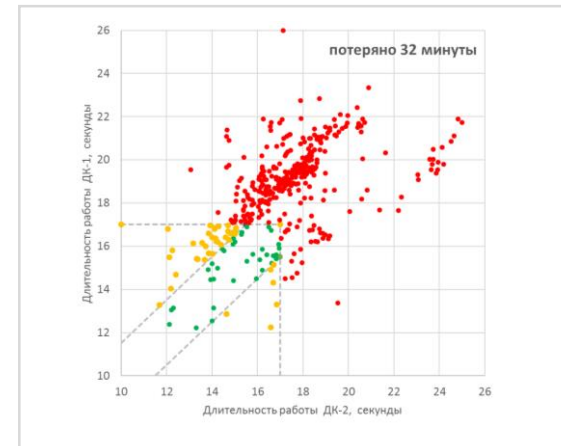
Примеры. Анализ причин снижения производительности

Система формирует более 20 различных аналитических отчетов, которые позволяют объективно оценить причины снижения производительности и оперативно на них реагировать.

Распределение затраченного времени двух параллельных операций



Распределение затраченного времени двух параллельных операций с границами оптимальных значений



Распределение основных потерь времени

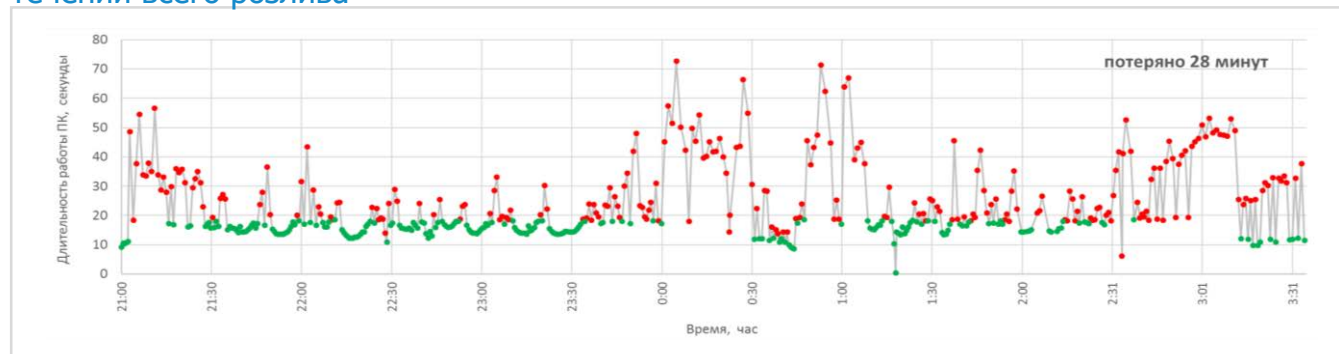


Распределение циклов по количеству отлитых анодов



- Время выполнения операции оптимально
- Время выполнения операции оптимально, но является сдерживающим фактором
- Время выполнения операции выше оптимального

График затраченного времени на работу промежуточного ковша на каждый цикл, в течении всего розлива



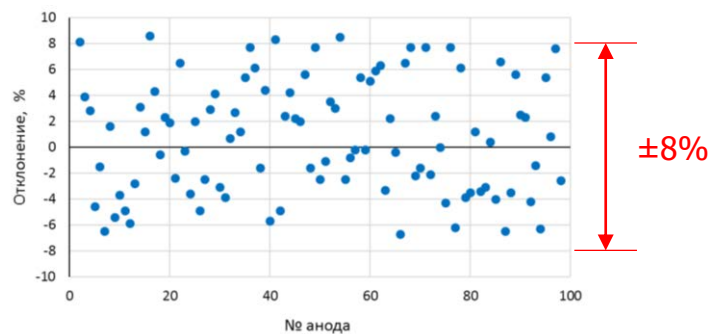
Результат после реализации: снижение времени розлива анодных печей на 24,5%.

Снижение брака по качеству отливаемых анодов

Анализ диаграммы работы дозирующих ковшей

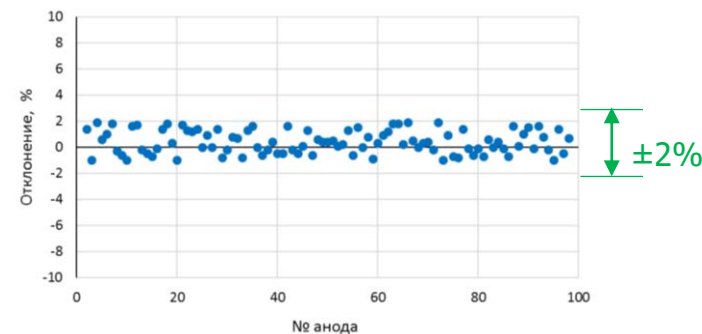
СИТУАЦИЯ «ДО»

Распределение отлитых анодов относительно целевого веса



СИТУАЦИЯ «ПОСЛЕ»

Распределение отлитых анодов относительно целевого веса



Результат после реализации:

- Снижение отклонений веса анода от целевого веса на 6 %;
- Снижение брака анодов по внешнему виду на 20 %.



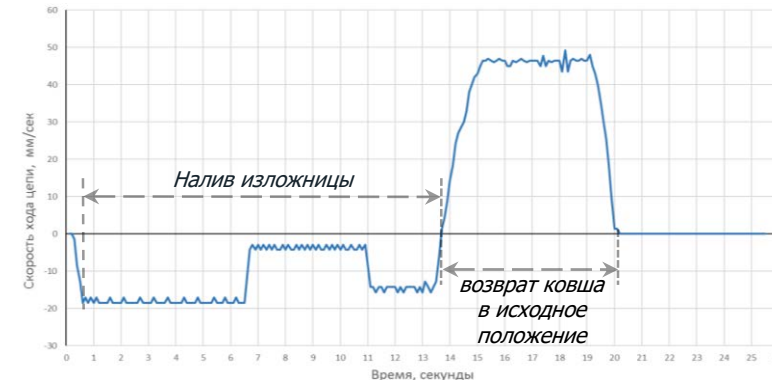
Скорость движения цепи дозирующего ковша



РЕШЕНИЕ



Скорость движения цепи дозирующего ковша



Применяемые инструменты бережливого производства и методы повышения эффективности. Участники решения производственной задачи

Основные потери производительности

Простои оборудования по механическим причинам

Недостаточная скорость розлива меди по изложницам

Недостаточное качество отливаемых анодов

Применяемые инструменты

Visual Factory

анализ основных причин с помощью визуализации работы механических узлов

Индустрия 4.0

применение алгоритмов искусственного интеллекта для определения детали и типа неисправности;

Jidoka

определение неисправностей в автоматическом режиме;

Andon

оперативное информирование об обнаруженном дефекте и прогноза длительности работы детали для принятия оперативных решений.

Visual Factory

анализ основных причин с помощью автоматизации хронометража работы MPM с визуализацией в виде отчетов

Visual Factory

анализ основных причин с помощью визуализации работы дозировочных ковшей

УЧАСТНИКИ РЕШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЗАДАЧИ



**ФАЛЕЛЮХИН
АЛЕКСАНДР**

Начальник бюро микропроцессорной техники Медного завода



**ШАСТИН
КОНСТАНТИН**

Инженер-электроник 1 категории бюро микропроцессорной техники Медного завода



**ТАРВАНС
ОЛЕГ**

Разливщик цветных металлов и сплавов плавильного участка №3 Плавильного цеха Медного завода

Для повышения производственной мощности медеразливочного передела Медного завода были реализованы мероприятия:

Создана ИАС «Система выявления механических неисправностей» для выявления и визуализации механических неисправностей во время работы узлов медеразливочного передела:

1. Снижены простои МРМ по механическим причинам на **~15 %**;
2. Внедрено предиктивное техническое обслуживание оборудования;
3. Обучаются алгоритмы искусственного интеллекта для автоматического выявления механических неисправностей оборудования, формирования перечня необходимых ремонтных мероприятий и прогноз длительности работы детали до момента выхода из строя;
4. Прорабатывается подход для тиражирования решения на подразделения Заполярного филиала.

Создана ИАС «Система контроля и управления производительностью»:

1. Выявлены и исключены факторы влияющие на снижение производительности;
2. Внедрено оперативное управление производительностью МРМ;
3. Создана база для оценки персонала с целью определения направлений для повышения эффективности и мотивации работников на достижение высоких производственных показателей;
4. Снижено время розлива анодных печей на **24,5 %**;
5. Прорабатывается подход для тиражирования решения на подразделения Заполярного филиала.

Разработана и внедрена оптимальная диаграмма розлива:

1. Снижено отклонение веса анода от целевого на **6 %**;
2. Снижен брак по внешнему виду на **20 %**;
3. Обучаются алгоритмы искусственного интеллекта для автоматической корректировки диаграммы.

В результате реализации мероприятий достигнуто потенциальное увеличение производственной мощности медеразливочного передела на 17,3 %, что эквивалентно экономическому эффекту от реализации товарной продукции более 191 млн. евро.

Решения реализованы на существующем оборудовании сотрудниками Медного завода.