



Цифровой сервис **«ГЕФЕСТ»:**  
внутрицеховая логистика и диспетчеризация  
для сталеплавильного производства

ПАО «НЛМК»

## Место

ПАО «НЛМК», конвертерный цех № 2,  
Липецк.

## Сроки

Старт – май 2020 года.

## Проблема

Отсутствие системного планирования перемещения ковшей с жидким металлом по цеху и сквозной увязки всех агрегатов приводит к остыванию металла, дополнительным затратам и рискам невыполнения плана.

## Главный драйвер эффекта

Сочетание строгого расчета оптимального плана движения стальной ковшей и продвинутой системы слежения.

## Плановый эффект решения

100 млн рублей в год.



**Решение:** комплексный цифровой сервис для планирования оптимальной логистики стальной ковшей в конвертерном цехе на основе машинного зрения и математической модели.

## Ключевые инструменты цифрового сервиса:

Планировщик назначений

формирует суточный план-график загрузки установок непрерывной разливки стали и конвертеров.

Оперативный планировщик

формирует оперативный план загрузки агрегатов цеха с возможностью перестроения плана «на лету».

Мнемосхема

план цеха в реальном времени отображает перемещение сталевозов, кранов, стальной ковшей и плавков.



**Конвертерный цех №2 – это 10 млн тонн стали в год, что составляет 14% всей стали, производимой в России. Это тысячи автомобилей, миллионы стиральных машин, десятки мостов, ветрогенераторов и многое другое.**



— Сталеплавильное производство - это центральный передел в производственной цепочке НЛМК.

— Здесь жидкий чугун превращается в слябы, проходя через обработку в кислородных конвертерах, агрегатах внепечной обработки и кристаллизуясь в установках непрерывной разливки стали.

— Данный процесс состоит из сотни технологических операций, от продувки металла в конвертере, корректировки химического состава металла до разливки в слябы.

## Проблема:



Отсутствие инструмента оптимального планирования и отслеживания логистики в цехе



Короткий горизонт планирования – на несколько плавов вперед



Большое количество плавов с выдержками выше заданных нормативов



Дополнительные затраты при нарушении времени выдержки плавов

## Результат:



Удобный инструмент с «глазами» на основе машинного зрения и «мозгом» на основе математического моделирования



Возможность как долгосрочного, так и оперативного планирования

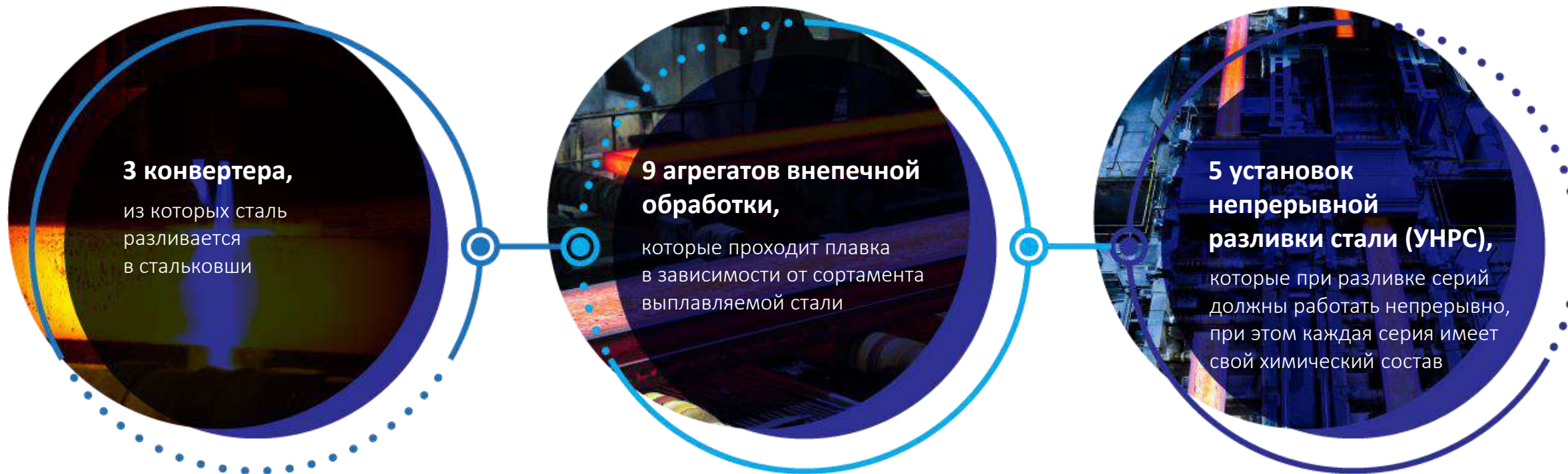


Минимальное количество «передержанных» плавов



Гибкое перепланирование в онлайн режиме

**Задача** – организация оптимального движения цехового транспорта и стальной ковше с учетом производственных процессов на всех агрегатах



**Время проведения операций по обработке металла на каждом агрегате различно**, но для соблюдения непрерывности разливки серий нужно доставлять плавки на УНРС в строго определенное время с заданным ритмом.



Дополнительная сложность – зависимость логистического процесса от **химического состава плавки**, в соответствии с выполняемым заказом.

## Простота и гибкость математической модели — заданные в модели ограничения позволяют учесть **ВСЕ** условия.



В каждом планировщике решается своя задача целочисленного линейного программирования.



Особенности производственного процесса и планирования задаются рядом групп ограничений.

Некоторые группы ограничений сами по себе являются нетривиальными и требуют использования вспомогательных алгоритмов для своего формирования.



Гибкость решения обеспечена работой с ограничениями и внешними справочниками параметров моделируемых процессов.



Более 10 000 — количество переменных при расчете показателей планирования в системе «ГЕФЕСТ».



### Два этапа планирования:

1. Суточный планировщик назначений на уровне «Конвертер-УНРС»
2. Оперативный планировщик на уровне всех агрегатов цеха, с функцией перепланирования в режиме «онлайн»

## Машинное зрение – ключевая технология сервиса

### Развертывание системы видеоаналитики



проектирование сети  
видеокамер с учетом  
ключевых точек процесса  
конвертерного цеха



монтаж внутрицеховой  
сети видеокамер  
и машиночитаемых  
маркеров



развертывание  
серверов  
с графическими  
ускорителями



соединение видеопотока и сигнала  
от нейросетей с остальными  
компонентами системы



обучение нейросетей  
для распознавания объектов  
цеха и связанных событий



Система бесшовно «ведет» ковш из поля зрения одной камеры в другую.

Из любой точки цеха пользователю доступен просмотр текущего видеопотока.

По наведению курсора на ковш показывается информация по ковшу, плавке и другая аналитика по запросу.

Обеспечена оперативная взаимосвязь с планировщиками.





Плановый эффект: **100 млн руб. в год.**



**Сокращение расхода** электроэнергии, графитированных электродов и алюминиевой катанки.



**Экономия ресурсов и материалов** достигается за счет сокращения времени выдержки металла в стальковше до 7%.



**Промежуточный результат:**

за 2 месяца опытно-промышленной эксплуатации системы снижение средней выдержки составило 5%.





Включение в контур системы «Гефест» участка подготовки чугуна. Это обеспечит своевременную и бесперебойную поставку чугуна в конвертер.



Создание цифрового реестра сталеразливочных ковшей для оперативного управления оборотом ковшей. Учет данных реестра при работе планировщиков «Гефеста».

КЦ-2



Масштабирование решения «Гефест» на конвертерный цех №1.

КЦ-1



Встраивание функционала «Гефест» в систему Календарного планирования и графикования, что обеспечивает реализацию на одной цифровой платформе функций приема заказа, назначения сроков его исполнения, планирования и графикования производства.

НЛМК



Интеграция «Гефест» в части видеоаналитики с единой цифровой системой диспетчеризации производства (Диспетчеризация 2.0).



Регулярный брейнсторминг внутри продуктовой команды на производстве.



Ежедневные стендапы в ритме непрерывного производства.



Привлечение к рабочим встречам специалистов разработки.



Синергия знаний «производственников» и алгоритмической экспертизы «цифровизаторов».



**Константин Плешивцев** — Product Owner, начальник отдела по планированию и организации производства Конвертерного цеха № 2.



**Сергей Емельянов** — Customer Journey Expert (CJE), начальник Конвертерного цеха №2 Дирекции по сталеплавильному производству.



**Олег Шиловских** — CJE, начальник отдела повышения эффективности Дирекции по сталеплавильному производству.



**Виктор Баженов** — Product Leader, руководитель направления по сталеплавильному производству Дирекции по цифровой трансформации



**Александр Скорняков** — Business Translator, руководитель цифровых продуктов Дирекции по цифровой трансформации.



**Евгений Исаенко** — CJE, специалист по видеоаналитике, Дирекции по цифровой трансформации.



Команда ООО «Дата-Центр Автоматика» во главе с президентом компании **Дамиром Гайнановым**

## Конвертер

агрегат для получения жидкой стали (плавки) из расплавленного чугуна и металлолома

## Стальковш

ёмкость, в которой находится плавка (жидкий металл) на пути из конвертера до УНРС

## Сталевозы

Платформа, на которую устанавливаются стальковши (с металлом и без) для перемещения по поперечным широколинейным путям от конвертера до разливочных пролетов

## Агрегаты внепечной обработки стали

установки, на которых обрабатывают (доводят) металл для получения целевого качества, в частности установки доводки металла (УДМ), печь-ковш (АПК), вакууматор (АЦВ)

## Мостовые краны

подъёмно-транспортные механизмы перемещения стальковшей при обработке плавки с агрегата на агрегат

## Установка непрерывной разливки стали (УНРС)

агрегат, куда заливают жидкую сталь, а на выходе получают слябы – стальные заготовки, которые в дальнейшем используются в прокатном производстве

## Время выдержки плавки

время между выходом плавки из конвертера до разливки стали на УНРС, с учетом времени перемещения стальковша по цеху