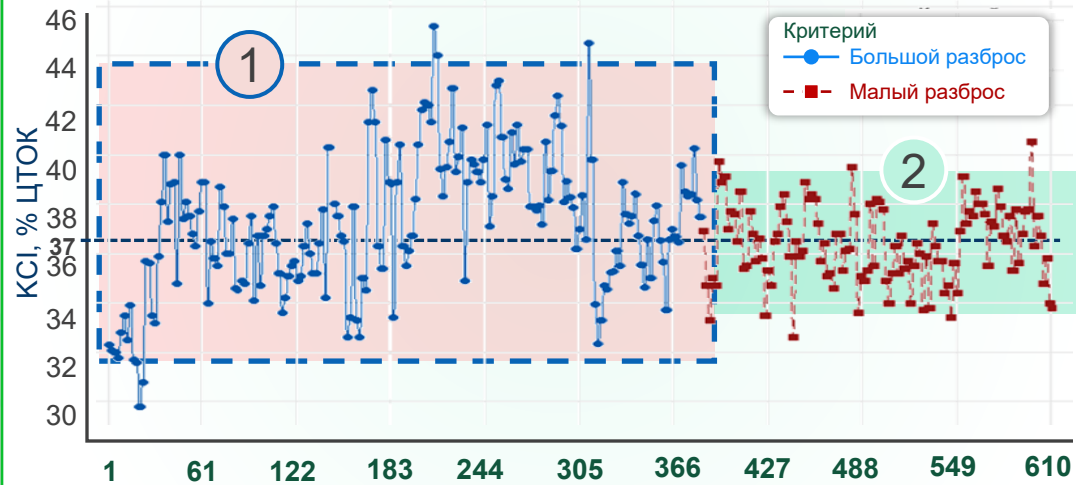


Цифровой двойник усреднительного склада на горно-рудном предприятии

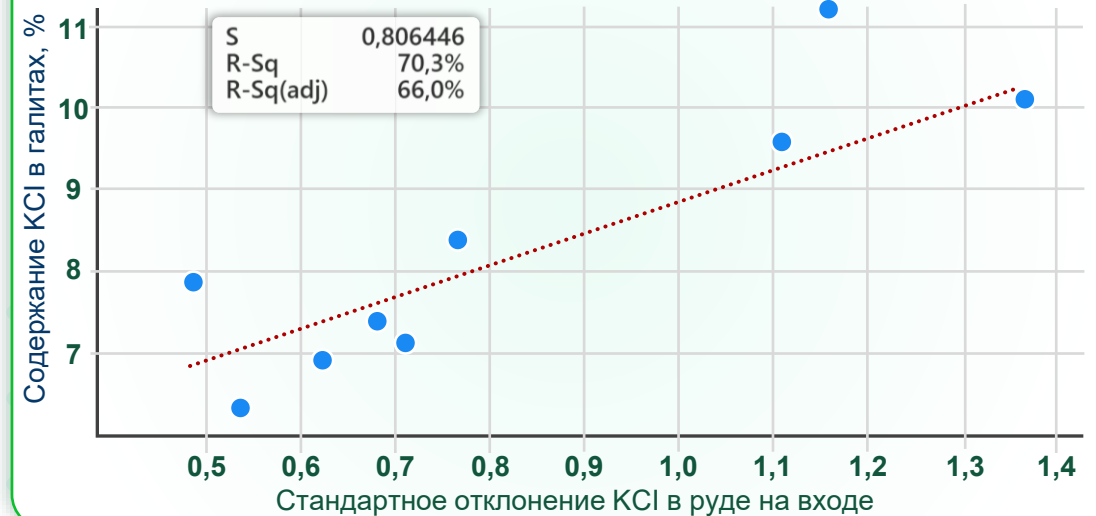
Кирилл Никитин
Руководитель направления

Изменение качества подаваемой руды на сильвинитовую обогатительную фабрику (СОФ) вызывает потери целевого продукта в отходах

Среднечасовые значения содержания KCl в руде на входе в СОФ



Влияние изменения KCl в руде на содержание KCl в галитах



Выборка с большим разбросом

1 1_Как есть

2 2_Как должно быть



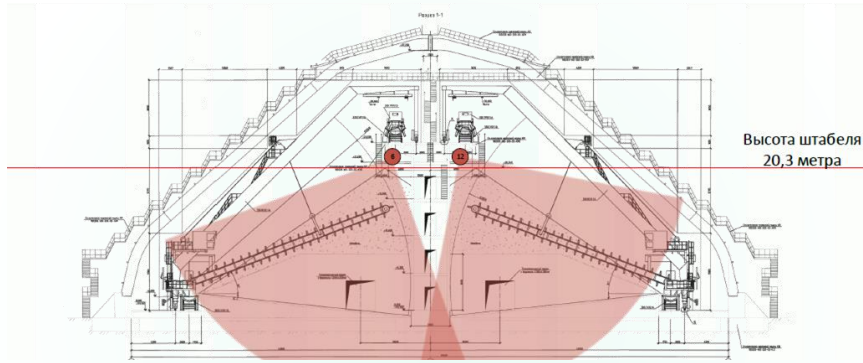
Сокращение % содержания KCL в галитовых отходах на

1,3 %

Система измерения объёма и качества складированной руды с рекомендациями по управлению рудопотоком позволит снизить разброс КСІ в руде, подаваемой на СОФ



Модель процесса шихтования и транспортировки руды склада

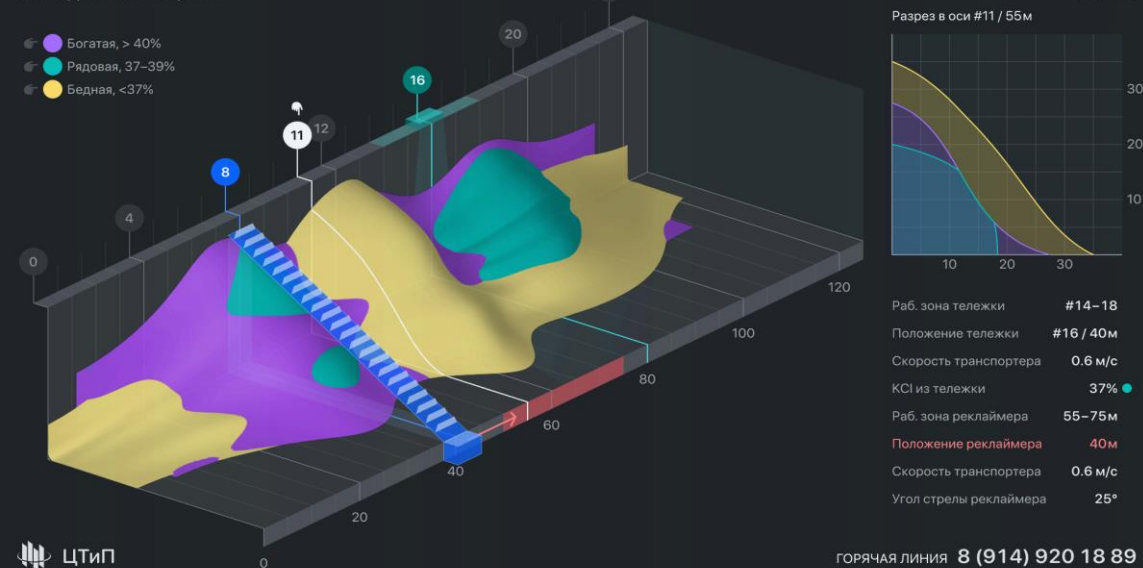


Новые компоненты системы:

- Система измерения объёма сыпучих материалов
- ML-модель с ограничениями для управления объёмом, качеством руды, подачей рудопотока на СОФ
- Система визуализации рекомендаций для управления шихтованием потока руды и рудопотоком на СОФ



Склад 320. Секция №1



Существующие компоненты системы:

- поточные весы и калиметр 1-ого потока руды на склад 320 (320BW01 и 320QRGI)
- поточные весы и калиметр 2-ого потока руды на склад 320 (314BW01 и 314QRGI)
- поточные весы и калиметр потока руды на СОФ (340BW01 и К 340QRGI)
- система позиционирования тележек на складе 320
- система позиционирования реклаймеров на складе 320

Онлайн-измерение объёма руды, хранящейся на складе, затруднительно из-за высокой запылённости рабочей зоны



технологический вызов для горнодобывающей отрасли

Сравнение существующих решений для использования в системе измерения объема сыпучих материалов

Параметр	Лидар	Радар с частотной модуляцией
Рабочий принцип	Лазерное сканирование, расчёт расстояния по времени пролёта или фазовому сдвигу, 3D-реконструкция объёмов	Передача/приём электромагнитного сигнала с изменяющейся частотой, расчёт по временному или фазовому сдвигу
Длина волны	Короче (инфракрасные/оптические диапазоны)	Длиннее (микроволновые и радиочастотные диапазоны)
Точность измерения	Очень высокая, до сантиметров; чувствителен к отражательной способности и форме объекта	Высокая; погрешности обусловлены помехами, геометрией поверхности
Сценарии использования	Измерение объёмов сыпучих грузов, складов, 3D-картирование, монтаж	Измерение объёма в силосах, резервуарах, больших хранилищах с твёрдыми веществами
Условия работы	Требуется видимости и прозрачности среды, чувствителен к пыли, влажности	Работает при высоком содержании пыли, в сложных условиях
Скорость измерения	Высокая, возможна автоматизация и обработка больших объёмов	Высокая, измерения в реальном времени
Ограничения	Трудности с металлическими, прозрачными, сильно отражающими или плотными материалами	Ограничения на минимальный размер объекта; менее чувствителен к мелким деталям
Стоимость внедрения	Высокая, требует точного калибровочного оборудования	Средняя, проще интеграция в промышленность

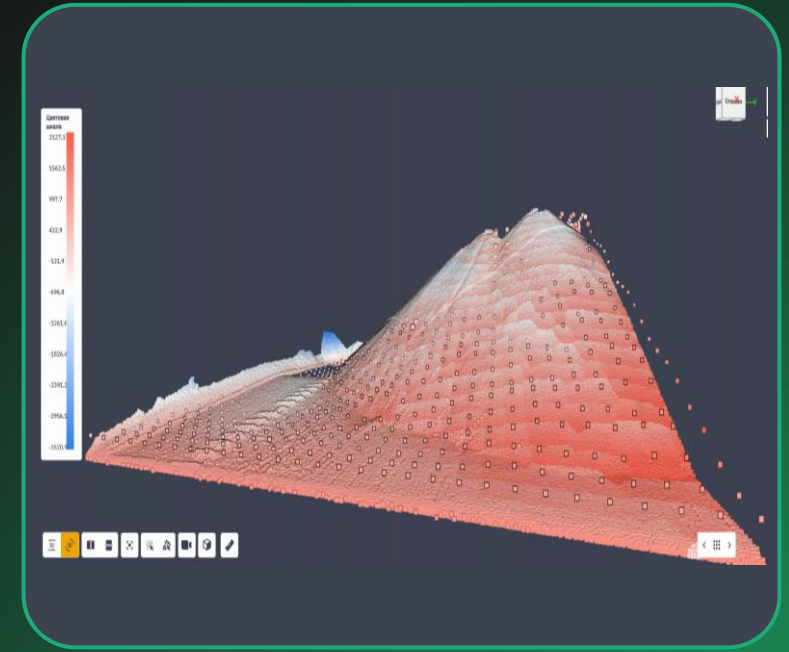
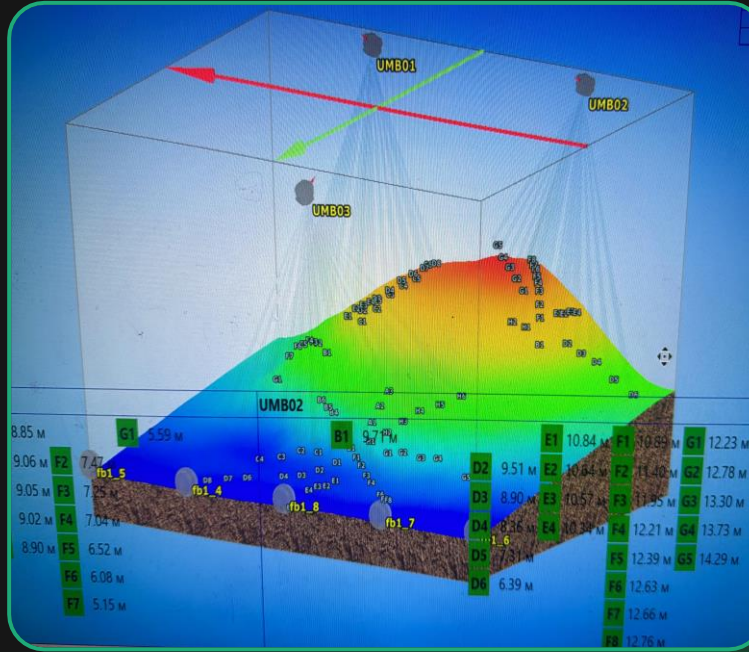
Сравнение существующих решений по сложности обслуживания

Критерий обслуживания	Лидар	Радар с частотной модуляцией
Сложность аппаратная	Высокая: точная калибровка, герметизация, защита от влаги, высокая чувствительность к механическим повреждениям	Низкая: компактная антенна, простая конструкция, хорошо работает при загрязнении и запылении
Ремонтопригодность	Менее удобен, часто требуется замена дорогостоящих узлов; сложные работы по замене и настройке	Замена — стандартная и недорогая, узлы проще/дешевле
Плановое обслуживание	Важна регулярная диагностика, мониторинг и превентивное обслуживание, отслеживание аномалий	Требуется реже, обычно ограничивается проверкой электрики и антенны
Влияние состояния среды	Чувствителен к погоде, загрязнению, влажности; требует периодической очистки и контроля герметичности	Неприхотлив, стабильно работает в пылевых, влажных и сложных средах, редко нуждается в чистке
ПО и обработка данных	Необходимость обновления сложного ПО, большие объёмы данных для хранения и обработки	ПО менее требовательно, обработка данных проще, занимает меньше ресурсов
Стоимость и частота обслуживания	Выше: стоимость компонентов и сложность обслуживания приводят к повышенным затратам	Ниже: малы расходы, редко возникают сложные поломки, простота в эксплуатации
Общее удобство	Требуется квалифицированный персонал и специализированный сервис	Штатный технический персонал без дополнительного обучения справляется с обслуживанием
Сложность аппаратная	Высокая: точная калибровка, герметизация, защита от влаги, высокая чувствительность к механическим повреждениям	Низкая: компактная антенна, простая конструкция, хорошо работает при загрязнении и запылении

Применение российских бесконтактных радарных уровнемеров, работающих по принципу FMCW-радара (радиолокации)



обеспечило возможность автоматизированной и точной цифровой инвентаризации запасов руды на складе в онлайн режиме



Средняя относительная погрешность между маркшейдерскими замерами объема руды на складе и измерениями радарной системы составила **2,8%**.

Данная точность позволяет эффективно применять любые алгоритмы шихтования для усреднения качества руды.

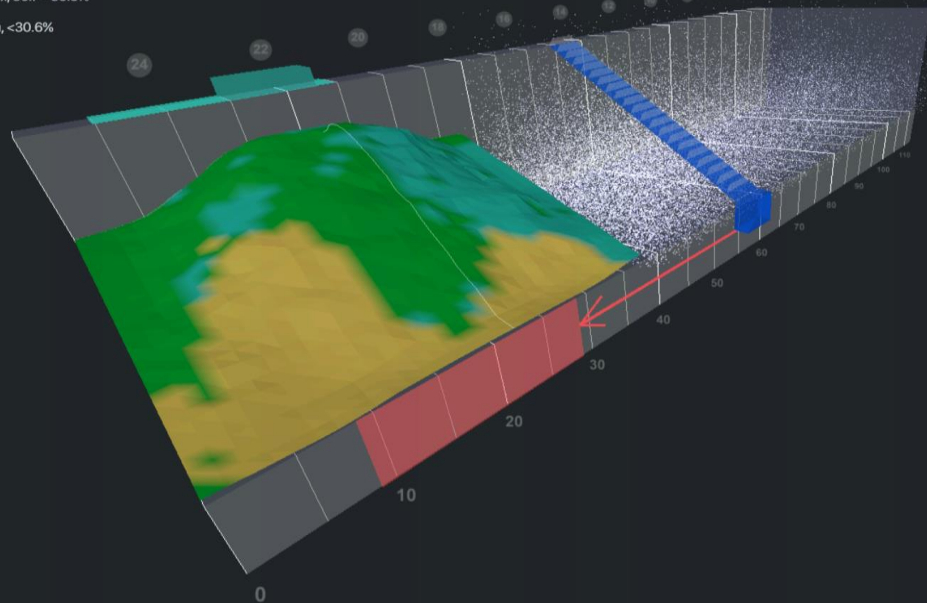
Система измерения объёма и качества складированной руды обеспечивает оптимизацию технологического процесса добычи и переработки,



повышая эффективность производства и снижая операционные затраты за счёт точного контроля сырья и своевременных рекомендаций по управлению технологическим процессом.

Склад 320. Секция №1

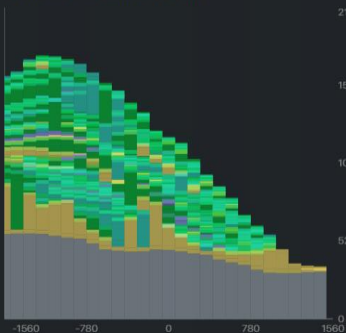
- Богатая, > 39%
- Целевая 35.4 - 38.9%
- Рядовая, 30.7 - 35.3%
- Бедная, <30.6%



ЦТИП

23:43

Разрез оси в #11 / 55м



Раб. зона тележки	#14-18
Положение тележки	#16 / 40м
Скорость транспортера	0.6 м/с
КСИ из тележки	37% •
Раб. зона реклаймера	55-75м
Положение реклаймера	40м
Скорость транспортера	0.6 м/с
Угол стрелы реклаймера	25°
Качество собираемой руды	32.80 •

Команда проекта



**Кирилл
Никитин**
Руководитель
направления



**Дмитрий
Кудряшов**
Бизнес
аналитик



**Александр
Верхолотов**
Инженер
данных



**Дмитрий
Евсевлев**
Главный инженер
проекта



Сергей Иванчин
Руководитель отдела
метрологии
ООО «Гибрид
Инжиниринг»



**Евгений
Кошельский**
Руководитель
проектов



ЦИФРОВЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
И ПЛАТФОРМЫ

**Спасибо
за внимание!**