### Кейс №1:

Оптимизация работы шаровых мельниц

Команда кейса:

Михаил Гусев, СТО компании-стартапа Сколтеха Сайбер-физикс

# Цель кейса, проблематика

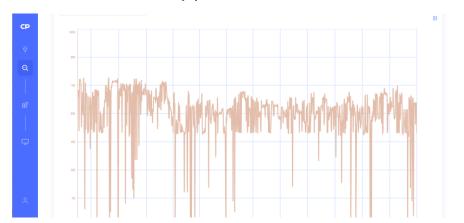
Цель: разработка оптимизационной модели работы шаровых мельниц

### Проблематика

В процессе работы шаровых мельниц в зависимости от поступающего сырья производительность мельниц может меняться в широком диапазоне, что в результате приводит к упущенной выгоде от невыпущенной продукции или к снижению показателя план / факт выработки

#### Состояние сейчас

 Диапазон режимов работы шаровых мельниц колеблется в диапазоне от 40-80 т/час



 Существующие подходы к оптимизации режимов работы шаровых мельниц не учитывают всестороннее факторы, которые влияют на повышение производительность

## Описание данных и результатов по кейсу

### Данные:

- 1. Технологические данные с 10 шаровых мельниц в формате CSV за 1 год
- 2. Технологические данные содержат данные по производительности, данные по расходу воды в мельницах, параметры вибрации, расход шаров и др.

### Требования к результату

- В результате должны быть разработаны оптимизационные модели работы нескольких шаровых мельниц
- Для модели должны быть определены входные и выходные параметры. Протестированы ряд гипотез по входным данным.
- Должна быть оценка экономической эффективности разработанных моделей.
- Модель должна быть построена в платформе Сайберфизикс

#### Критерии для оценки результата

- Модель рекомендует оптимальные параметры для достижения оптимума производительности
- Произведен расчет экономического эффекта от внедрения модели в режим реального времени на производство.



### Ценность по кейсу с Шаровыми мельницами

- Определение экономического потенциала по повышению производительности для каждой шаровой мельницы.
- Быстрое построение оптимизационных моделей на данных для проверки гипотез на данных
- Применение подходов цифровизации и аналитики данных для широкого спектра задач на примере кейса по шаровым мельница.
- Апробирование подхода быстрой аналитики данных на практическом примере

Материал для работы команды

# Подробный план по кейсу

Время	Наименование мероприятия	Описание
15:00 - 15:30	Общее введение по двум кейсам	На общем введении будет рассмотрен общий подход решения оптимизационных задач. Буден дано краткое введение для двух кейсов: по шаровым мельницам и по оптимизации работы методических печей
15:30 – 16:00	Описание текущего состояния и возможных задач. Текущее состояние. Лекция от технолога по текущему состоянию технологического процесса и использованию инструментов подсказчиков	На лекции от технолога будут рассмотрены общие вопросы технологического процесса. Как идет обогащение концентрата. Что подается на вход, что на выходе и технологического процесса. Будет дана общая характеристика имеющихся советчиков на фабрике. Предложены в общем виде нерешенные задачи
16:00 – 16:30	Работа команды	Обсуждение перечня входных и выходных данных в задачу. Изучение дополнительных материалов для построения гипотез. Генерация гипотез.
16:30 – 17:00	Построение моделей по разработанным гипотезам	Разбиение участников на команды по два человека. Анализ этапов построения модели машинного обучения в платформе CyberStudio. Работа с данными на платформе. Обучение моделей. Анализ первых результатов
После 20:00	Самостоятельная работа команд	Дообучение моделей. Тестирование смежных гипотез. Получение дополнительных результатов

# Подробный план по кейсу

Время	Наименование мероприятия	Описание
9:30 -10:00	Брифинг обсуждение предварительных результатов командой квеста с инструктором	На брифинге будут обсуждены предварительные результаты гипотез. Обсуждена необходимость доработки гипотез. Обсуждены требования к результатам и оформлению квеста.
14:30 – 15:00	Корректировка предварительных результатов	В рамках активности – реализуем намеченные планы на брифинге. Дообучаем модели. Готовим предварительные результаты для демонстрации экспертам – технологам.
15:00 – 15:30	Обсуждение предварительных результатов с технологами	Получение обратной связи по реализованным гипотезам от экспертов технологов. Обсуждение предварительных результатов. Формирование итогового плана доработок
15:30 – 16:00	Доработка и финализирование результатов	Оценка количества гипотез, которые удалось проверить в рамках квеста. Окончательное формирование итоговых результатов. Обсуждение планов по доработке – обучению моделей и формированию итоговой презентации
После 20:00	Самостоятельная работа команд	Дообучение моделей, формирование отчетной презентации.
25 марта		
9:00-10:00	Брифинг – обсуждение итоговой презентации	Подготовка финальной версии презентации. Обсуждение защиты проекта.

- 1. Общая задача: Обсуждение перечня входных и выходных данных в задачу. Изучение дополнительных материалов для построения гипотез. Генерация гипотез.
- 1.1. Выдача материалов участникам : **статья, технологическая инструкция** (Инструкция для технолог. ВАЗМ, ТРПП Обогащение первичных концентратов на Абагурской фабрике)
- 1.1.1. Задача: на основе материалов выбрать что является входными данными в модель, что управляемые параметры, и что выход из модели
- 1.2. Выдача перечня данных

```
Kaz_1_% Sher_1_% Tash_1_% Abaza_1_% Te9_1_% Kaz_2_% Sher_2_% Tash_2_% Abaza_2_% Te9_2_%
Kaz_Fe_ob Kaz_Fe_m Kaz_W Kaz_Crupnost Tash_Fe_ob Tash_Fe_m Tash_W Tash_Crupnost Sher_Fe_ob
Sher_Fe_m Sher_W Sher_Crupnost Fe_m_CT Fe_ob_CT SCREENING_CT W_CT Porog(60-8)
```

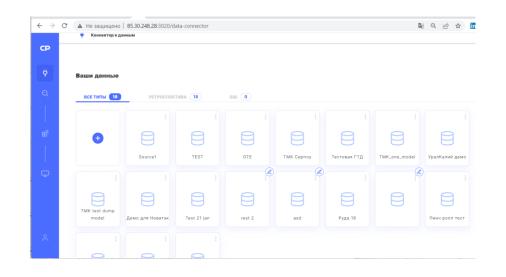
- 2. Общая задача: Обсуждение перечня входных и выходных данных в задачу. Изучение дополнительных материалов для построения гипотез. Генерация гипотез.
- 2.1. Генерация гипотез
- **2.1.1. Задача:** на входных данных генеримуем 3-4 варианта модели с конкретными входами, выходами и управляемыми воздействиями
- 2.2. Разделяем данные, определяем диапазоны варьируемых параметров
- 2.2.1. Результат: данные разбиты на входы, выходы, управляемые воздействия и диапазоны

Входы: Выходы: Управляемые параметры Диапазоны рабочие

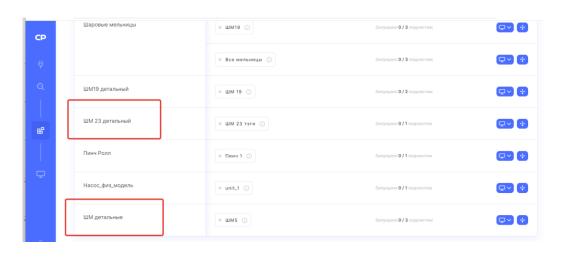
- 3. Общая задача: Разбиение участников на команды по два человека. Анализ этапов построения модели машинного обучения в платформе CyberStudio. Работа с данными на платформе. Обучение моделей. Анализ первых результатов
- 3.1. Анализ этапов построения модели машинного обучения на платформе CyberStudio.
- 3.1.1. Задача: Ознакомится с этапами построения модели на платформе. Пролистать инструкцию построения моделей.
- 3.1.1. Результат: Участники готовы к работе с данными на платформе

# Этапы построения модели

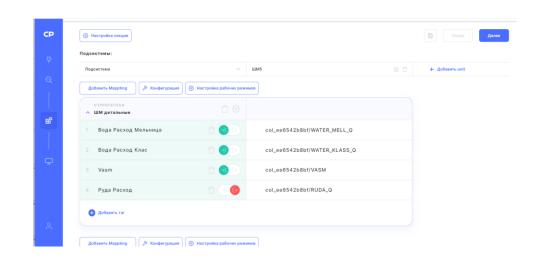
#### 1. Загрузка данных



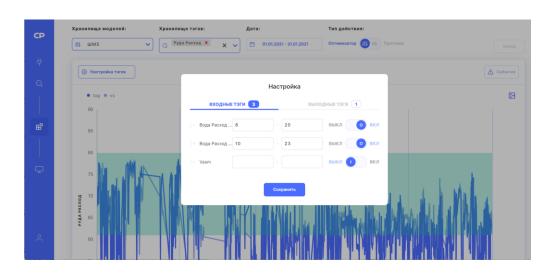
#### 2. Создание подсистемы для ШМ



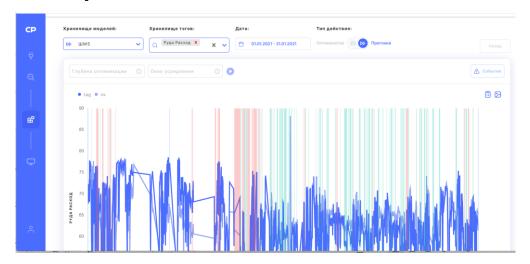
#### 3. Выбор входных и выходных данных



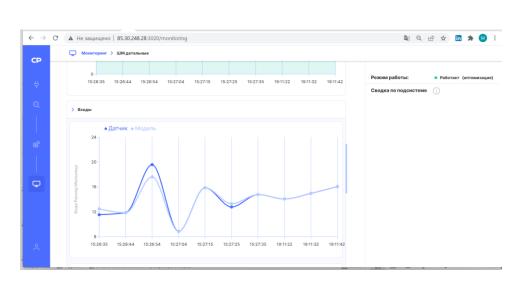
#### 4. Настройка оптимизатора



#### 5. Получение экономических метрик от внедрения модели



#### 6. Включение режима мониторинга



- 3. Общая задача: Разбиение участников на команды по два человека. Анализ этапов построения модели машинного обучения в платформе CyberStudio. Работа с данными на платформе. Обучение моделей. Анализ первых результатов
- 3.2. Пройти все этапы построения модели на платформе CyberStudio с данными по шаровым мельницам. Определить метрики, по которым оцениваем модели.
- 3.2.1. Задача: На платформе по инструкции пройти все этапы построения модели.
- **3.2.1. Результат:** Участники освоили этапы построения модели и готовы к домашней работе аналитике различных гипотез и построению различных моделей.

- 4. Общая задача: Дообучение моделей. Тестирование смежных гипотез. Получение дополнительных результатов
- 4.1. Самостоятельно обучить ряд моделей для апробирования гипотез
- 4.1.1. Задача: На платформе по инструкции обучить ряд моделей применительно к кейсу
- 4.1.1. Результат: Участники обучили ряд моделей. Оценили их качество и отразили результаты в предварительной презентации для обсуждения на брифинге 24 марта

- **5. Общая задача:** На брифинге будут обсуждены предварительные результаты гипотез. Обсуждена необходимость доработки гипотез. Обсуждены требования к результатам и оформлению квеста.
- 5.1. Обсуждение результатов обучения моделей
- **5.1.1. Задача:** Определить какие гипотезы удалось оттестировать. Какие результаты получены. Какие результаты выносим на обсуждение с технологом. Что можно доделать перед встречей с технологами
- **5.1.1. Результат:** Проведен анализ результатов. Сделаны выводы. Совместно с участниками определен план улучшений моделей и результатов на первую часть занятий с 14.30 15.00.

- **6. Общая задача:** В рамках активности реализуем намеченные планы на брифинге. Дообучаем модели. Готовим предварительные результаты для демонстрации экспертам технологам.
- 6.1. Дообучение моделей. Изменение диапазонов варьрирования параметров. Подготовка материалов для демонстрации технологам
- 6.1.1. Задача: Улучшить показатели моделей. Переобучить модели. Получить улучшенные модели по согласованным метрикам
- **6.1.1. Результат:** Подготовлен предварительный материал для демонстрации технологам. Выводы в предварительных результатах обоснованы.

Гипотезы на данных. Дополнительные слайды

## Гипотезы на данных. Постановки оптимизационных задач

1. Стабилизация расхода руды. Операторы выдерживают загрузку шаровой мельницы ниже допустимой, чтобы не перегрузки мельниц.

# Вопросы и предложения по гипотезе, требующие уточнений и комментарий со стороны технологов:

- 1.1. Можно ли определить по параметру VASM допустимую границу после которой будет перегрузка мельницы?
- 1.2. К какой схеме работы мельницы применима данная гипотеза? Режим «Автоматический», «Режим от ШУ», «Автомат», «Оптимизация» «Оптимизация без гранулометра»
- 1.3. Предлагаем как задачу на кейс предложить участникам разложить входы на управляемые и неуправляемые и выбрать выходы оптимизационной модели.
- 1.4. Учитываем ли в данной постановке свойства руды на входе в процесс как входные параметры в модель и получение концентрата заданного качества на выходе из процесса ?

## Гипотезы на данных. Постановки оптимизационных задач

2. Управление по измеренному грансоставу измельченного продукта. Операторы управляют расходами воды в классификатор, шаровую мельницу и загрузкой руды, следуя рекомендациям модели.

# Вопросы и предложения по гипотезе, требующие уточнений и комментарий со стороны технологов:

- 2.1. Строим модель, связывающую входное сырье, расходы воды, загрузка шаров, загрузка руды, VASM и выходное качество концентрата. Управляемыми делаем параметры расходы воды, загрузка шаров, загрузка руды. Ограничиваем VASM. Смотрим рекомендации модели.
- 2.2. К какой схеме работы мельницы применима данная гипотеза? Режим «Автоматический», «Режим от ШУ», «Автомат», «Оптимизация» «Оптимизация без гранулометра»

### Критерии для оценки результата

12 критериев по 5 баллов, где 1 - самый низкий, 5 - самый высокий (максимум 60 баллов)

#### Оценить проект в части инженерного решения/технологии:

- 1) Точность выявленной проблемы
- 2) Инновационность решения
- 3) Обоснованность превосходства над альтернативными методами решения
- 4) Эффективность решения для выбранной проблемы
- 5) Применимость предлагаемого решения в текущих производственных и экономических условиях компании
- 6) Соответствие решения долгосрочной технологической стратегии компании

#### Оценить проработку проекта:

- 7) Презентация результатов кейса отражает структуру: цель, выявленную проблему, предлагаемое решение и организационные условия реализации проекта
- 8) Обоснованность представленных в проекте выводов
- 9) Корректность представленных данных, на основании которых сделаны ключевые выводы проекта
- 10) Реалистичность организационного плана реализации проекта

#### Оценить качество выступления:

- 11) Понятен тезис, отражающий суть и целесообразность предлагаемого решения
- 12) Понятна аргументация указанного тезиса



### Контакты:

Михаил Гусев +7 963 766 5387

