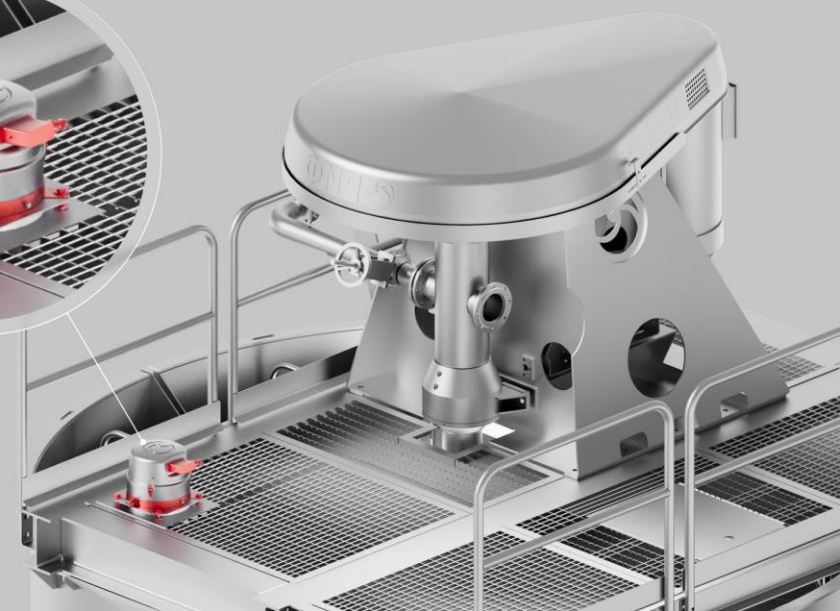


× × × × ×



Разработка алгоритмов  
управления процессом флотации  
на основе **системы машинного зрения**  
с возможностью получения  
концентратов заданного качества



## Видеопрезентация



Сбежнев Роман Витальевич

Директор департамента новой техники  
и программирования АО «НПО «РИВС»

**РИВС**

**ПРОГРЕССИВНЫЙ МЕТОД ВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА ФЛОТАЦИИ**

01 02 03

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ НА БАЗЕ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ:  
После завершения этапа обучения нейросети, формируется база знаний, определяющая текущее состояние процесса флотации и принимающая решения по его регулированию при выходе параметров пены за пределы нормы.

ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА

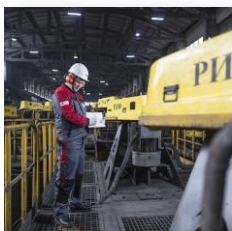
ПРЕИМУЩЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ:  
- отсутствие влияния субъективного человеческого фактора  
- высокая оперативность реагирования на изменения процесса  
- полная архивная база знаний о процессе

#РИВС

[МАШИННОЕ ЗРЕНИЕ | Автоматизация технологических процессов | НПО РИВС](#)

Подписаться

# МЕТОДЫ ВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА



**Традиционный метод наблюдения**

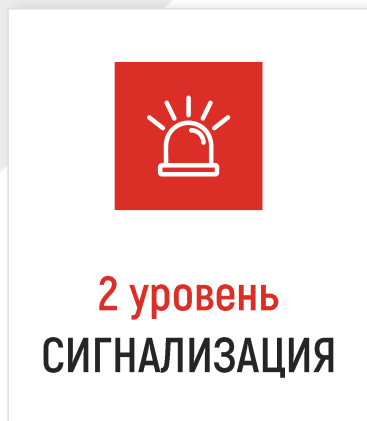
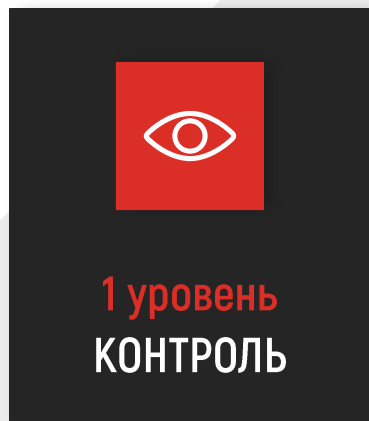


**Прогрессивный метод наблюдения**



Выполняются Флотатором по внешним визуальным признакам пены и указаниям технолога	<b>Особенности регулирования процесса</b>	Регулировки процесса выполняет комплекс на основе системы машинного зрения
Неопытность, отсутствие на месте в критические моменты, потери времени на поиск решения и ручное регулирование	<b>Человеческий фактор</b>	Количество ситуаций, связанных с человеческим фактором, существенно снижается или полностью исключается (в зависимости от реализации функционала СМЗ)
Контроль только в месте наблюдения флотатором	<b>Непрерывность наблюдений</b>	Непрерывный контроль по всему фронту флотации
Субъективная, связанная с квалификацией	<b>Оценка процесса</b>	Обучающая база знаний основана на опыте технологов
Недостаточная оперативность реагирования на изменения процесса	<b>Оперативность реагирования</b>	Реагирование вовремя и в нужной точке процесса
Нет	<b>Ретроспективный анализ прошедших событий</b>	Архивы доступны для ретроспективного анализа и дообучения Системы
Высокие	<b>Трудозатраты</b>	Низкие

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ УРОВНИ СИСТЕМЫ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ

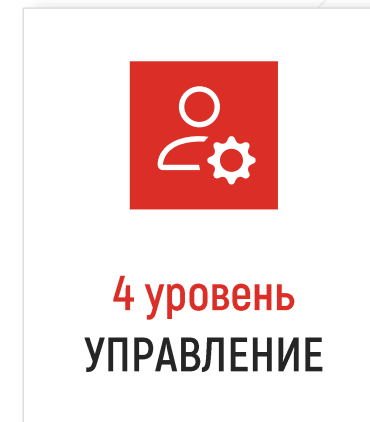
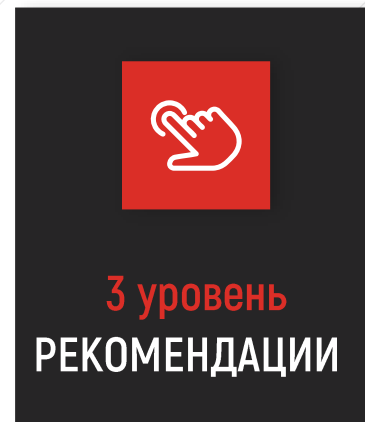


## БАЗОВЫЕ УРОВНИ

- 01** Онлайн-мониторинг процесса флотации, видеонаблюдение
- 02** Контроль с оповещением

## ТРЕБУЮТ ДОРАБОТКИ И ОПЭИ

- 03** Диагностика и рекомендации
- 04** Автоматическое управление



## ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ РИФ

Базовые функции, доступны после завершения этапа ПНР



### 1 уровень КОНТРОЛЬ

Визуализация пенного  
слоя в точках установки  
узлов технологического  
видеонаблюдения



Оператор получает возможность вести удалённое наблюдение за процессом флотации. На АРМ выводятся измеряемые значения процесса

### В РЕЗУЛЬТАТЕ

01



Снизит трудозатраты  
и человеческий  
фактор

# ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ РИФ

Базовые функции, доступны после завершения этапа ПНР

## 2 уровень СИГНАЛИЗАЦИЯ

### Контроль пеносъёма по фронту флотации

Позволяет оценить наличие пеносъёма и процент снимаемой пены от общей её толщины. Расчёты выполняются при взаимодействии с АСУ управления флотомашинной

### Информирование о критических ситуациях процесса

Контроль процесса флотации по критериям выхода измеряемых параметров за пределы технологических и аварийных значений. Оператор и диспетчер получают информацию о нарушении процесса немедленно при возникновении события

## В РЕЗУЛЬТАТЕ

01

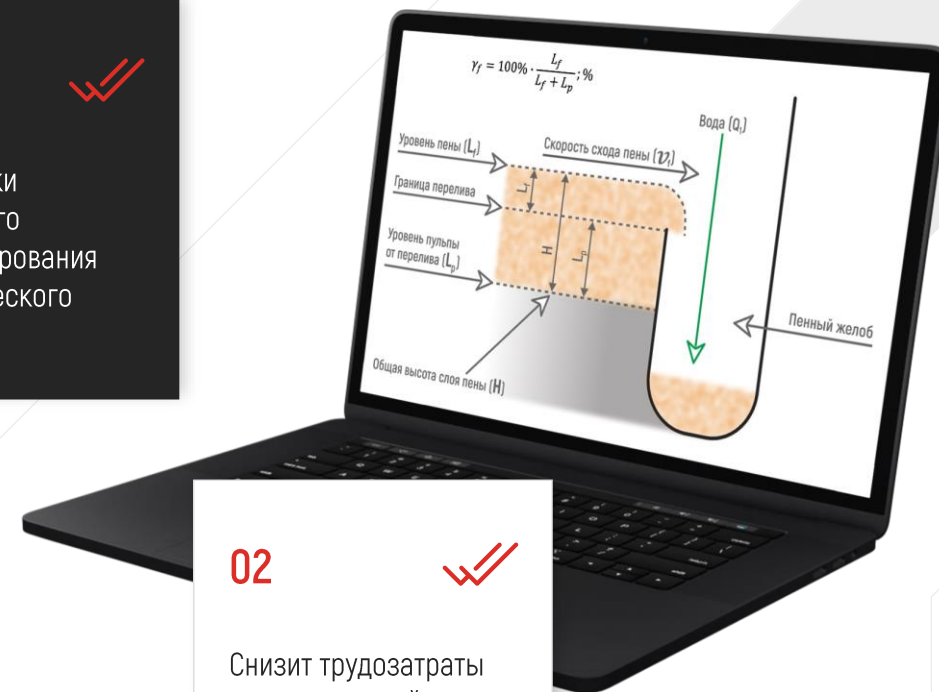


Снизит риски критического разбалансирования технологического процесса

02



Снизит трудозатраты и человеческий фактор



# ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ РИФ

Экспертные функции, доступны после завершения этапов опробования и обучения



3 уровень

## РЕКОМЕНДАЦИИ

Получение концентратов заданного качества в режиме выдачи рекомендаций

- прогнозирование качества концентратов
- поддержание пеносъёма с выдачей рекомендаций по регулированию уровня и/или воздуха для получения концентратов (1-ой и 2-ой медных «головок» и 1-го коллективного концентрата) нужного качества

### В РЕЗУЛЬТАТЕ

01



Снизит случаи получения некондиционного медного концентрата



02



Оптимизирует выхода концентратов

03



Оптимизирует извлечение меди в концентраты

04



Снизит трудозатраты и человеческий фактор

# ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ РИФ

Экспертные функции, доступны после завершения этапов опробования и обучения



## 4 уровень УПРАВЛЕНИЕ



### Получение концентратов заданного качества в автоматизированном режиме

- оперативное регулирование процессов в нужной точке процесса
- автоматизированное управление процессом при помощи СМЗ (поддержание пеносъёма и регулирование качества процесса и пенного слоя)

### В РЕЗУЛЬТАТЕ

01



Обеспечит получение концентратов нужного качества при оптимальных извлечениях ценных компонентов и выходах

02



Оптимизирует расходы реагентов

03

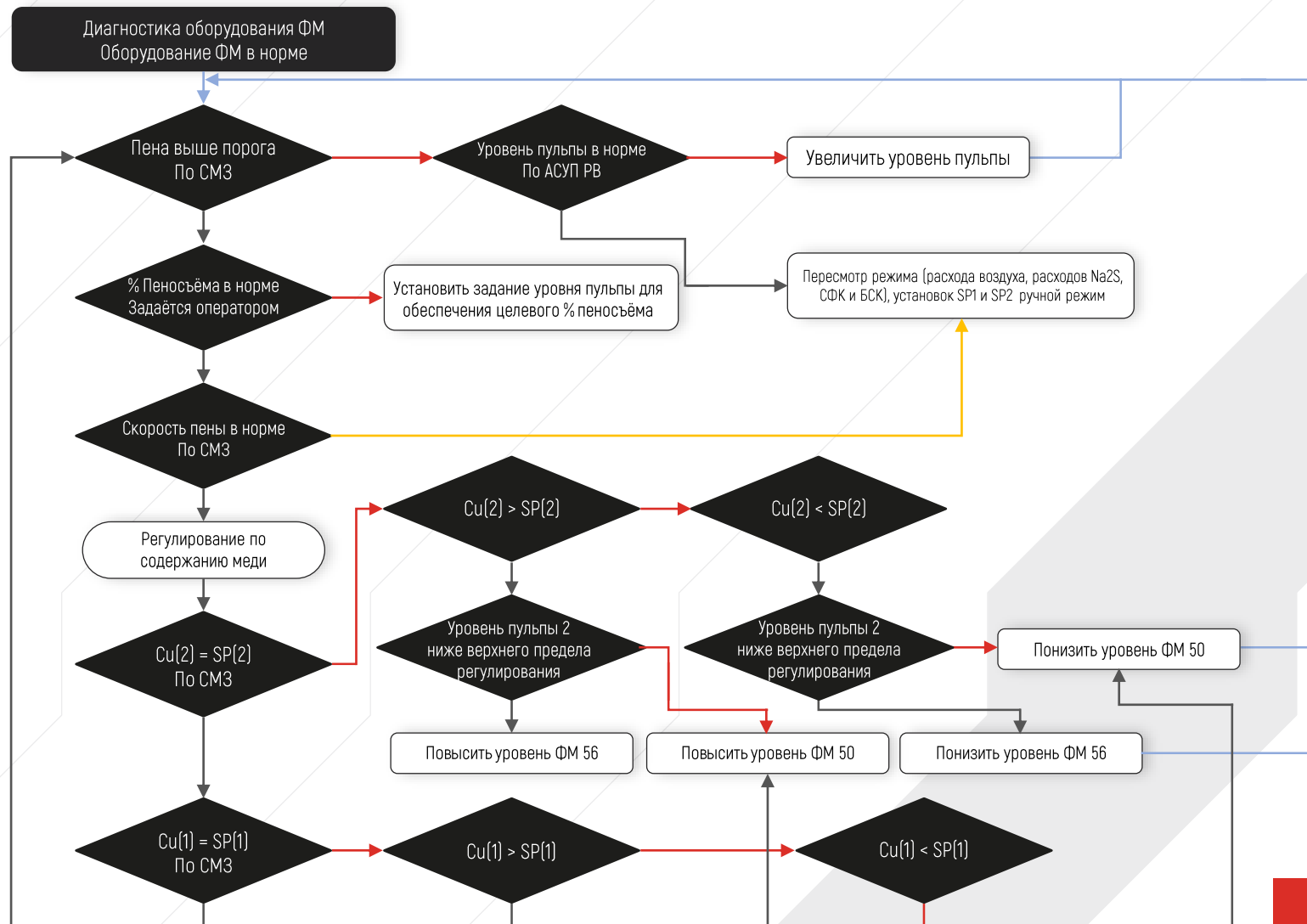


Минимизирует трудозатраты и человеческий фактор

# АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРИ ПОМОЩИ СМЗ С ПОЛУЧЕНИЕМ КОНЦЕНТРАТОВ ЗАДАННОГО КАЧЕСТВА

## Описание алгоритма управления

- Задания по содержанию меди в 1-ой и 2-ой медных «головках»
- Задания на поддержание СМЗ оптимальных границ пеносьёма
- Прогноз содержания меди в 1-ой и 2-ой медных «головках» с точностью до 15%
- Регулирование уровней на ф/м №50 и №56 по рекомендации СМЗ или в автоматизированном режиме при несоответствии прогнозов с заданиями
- Режим контроля СМЗ при соответствии прогнозируемого содержания меди заданному
- При отклонениях от заданных параметров система рекомендует пересмотреть режим



# ЭТАПНОСТЬ ОБУЧЕНИЯ СИСТЕМЫ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ РИФ



# ОБУЧЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА

## Цель обучения

присвоить критерии качества процесса (содержаний, извлечений, выходов продуктов) набору параметров, характеризующих этот процесс (плотность, крупность, цветность, пузырьки, уровни, расходы реагентов и др.)

Для предоставления **выборки** необходимо

не менее 300 проанализированных химическим анализом проб для каждой точки отбора пенного продукта в течении около 3-х месяцев



Прогнозирование **качества** протекания процесса и пенного продукта

и пенного продукта возможно как при наличии уникальных характеристик цветности, так и без них

# ОБУЧЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА

Переходные периоды процесса характеризуются изменениями режима и, вследствие этого, - качества и количества пенного продукта

0 переходных периодах свидетельствуют данные соседних проб, отличающиеся по содержанию меди более чем на 8-15% отн.

## Фиксация переходных периодов процесса

01

Метод исключения из обучения соседних проб с большой относительной разницей по содержанию

Метод интерполяции с преобразованием дискретности отбора проб в минутные интервалы, совместимые с архивами СМЗ

02

Корреляция между **качеством** пенного слоя и параметрами цветности

позволяет обучить систему прогнозировать содержание компонента в оперативном режиме с меньшей погрешностью, чем без неё (пример, медь при флотации халькопирита)

При отсутствии **корреляции** прогноз качества процесса

осуществляется по другим параметрам СМЗ и прочим критериям с присвоением им интервальных значений, в рамках которых процесс протекает нормально, а выход за них требует его корректировки

# ПРИНЦИПЫ ОБУЧЕНИЯ СИСТЕМЫ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ РИФ

Обучение системы машинного зрения осуществляется на стадии ОПЭИ после этапов ШМР и ПНР согласно плану мероприятий



Данные для обучения модели разделяются на

01



обучающую выборку, по которой модель будет сопоставлять входные данные выходным (опробование)

02



тестовую выборку, по ней модель проверяет качество обучения (тестирование)

**Из архивов исключаются данные за периоды**

зафиксированных случаев внештатных ситуаций, нарушений работы оборудования и технологического процесса, сбоев подачи реагентов и режима измельчения, а также периоды сбоев в работе систем АСАК по используемым точкам

# СТРУКТУРА СИСТЕМЫ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ РИФ

## Описание структуры



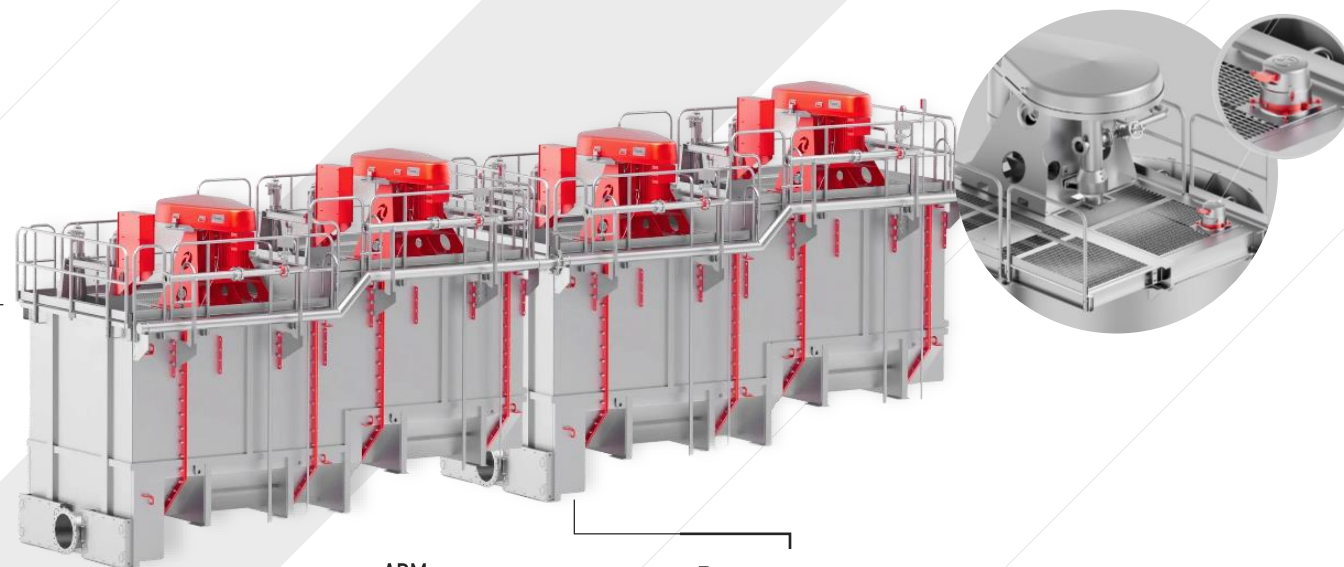
Блоки измерения устанавливаются на флотационных камерах. В составе каждого блока измерения имеется видеочкамера, светильники и измеритель уровня пены

Блоки измерения через коммутаторы передают видеоинформацию **блоку анализатора**, который размещён удаленно в серверном помещении

Блок анализатора служит источником информации для удаленного рабочего места технолога по выделенной гигабитной сети

**Параллельно**, в другой сети, он является сервером Modbus и предоставляет сигналы в АСУ фабрики

В конструкции системы Машинного зрения принята **модульная структура**, которая позволяет легко масштабировать систему с помощью одинаковых **сегментов**



Модульная компоновка структуры позволяет вынести серверное оборудование за пределы агрессивной зоны

## ЭТАПНОСТЬ РАБОТ И ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

Этап	Наименование работ	Длительность
1	Изготовление и поставка оборудования системы СМЗ	210-250 дней
2	Этапы ШМР и ПНР	До 2-ух месяцев
3	Этап реализации возможностей СМЗ в управлении флотации, тестирование и выявление первичных результатов	10 месяцев
4	Этап интеграции алгоритмов СМЗ в АСУТП ОФ	2 месяца
5	Этап ОПЭИ системы МЗ на 3 уровне функционирования (в режиме выдаче рекомендаций) с возможностью перехода на 4-ый уровень (автоматизация) при стабильном протекании процесса. Сопровождение	3 месяца

Компания «РИВС»  
гарантирует

### Снижение технологических потерь

обусловленных задержками реагирования на нарушения флотационного процесса и привнесения человеческого фактора

до 0,5%

прирост извлечения меди на 1-ой секции

до 1%

повышение содержания меди в концентрате «головок» 1-ой секции

Индивидуально

определяется экономический эффект

## ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АО «НПО «РИВС»

### Системы машинного зрения РИФ

#### С 2019 года РИВС работает над системами МЗ

и разработкой алгоритмов для неё.  
Мы имеем широкий опыт в этом  
направлении

#### Внедрено на нескольких предприятиях

Наше машинное зрение  
и успешно работает

#### Опыт и решения Компании «РИВС»

позволяют гарантированно достигать  
поставленных проектом внедрения  
МЗ целей

Компания «РИВС» готова реализовать сложные задачи с подтверждением результатов полностью своими силами и средствами, или же в сотрудничестве со службами заказчика, включающими:

- изготовление и поставку оборудования СМЗ с проведением ШМР и ПНР
- организацию и проведение комплекса мероприятий по опробованию (с сопровождением) технологического процесса флотации
- организацию и проведение комплекса мероприятий по всем этапам пробоподготовки
- организацию и проведение комплекса мероприятий по химическому анализу
- обработку и аналитику значительных массивов данных процесса
- формирование выводов по результатам исследования, подбор наиболее оптимальной модели сопровождения технологического процесса, внедрение модели в управление процессом

## РЕФЕРЕНС-ЛИСТ ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХ СИСТЕМЫ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ РИФ ПРЕДПРИЯТИЙ

№	Заказчик	Объём поставки	Стадия реализации	Функциональный уровень	Год
1	Михайловский ГОК	58 и/у	Внедрены на надрешётной и подрешётной флотации корпуса дообогащения магнетитового концентрата	2 уровень	2022
2	Николаевская ОФ	1 и/у	Внедрён на Сп «головке»	2 уровень	2023
3	АО «Маломырский рудник»	5 и/у	Внедрены на 2 линии	2 уровень	2024
4	Удоканская медь	10 и/у	На стадии внедрения	2 уровень	2025
5	АО «Маломырский рудник»	15 и/у	Изготавливаются и готовятся к внедрению на 1-3 линии	2 уровень	2025

2025  
СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ  
2025