



# «Разработка цифрового двойника комплекса измельчения обогатительной фабрики»



**Автор:** Дмитриев Тихон Алексеевич, ученик 10 «А» «АЛРОСА - Класс» МБОУ «Политехнический лицей» г. Мирный РС (Я), участник программы «Сириус.Лето» 2021-2022 гг.



**Научный руководитель:** Подкаменный Юрий Александрович, к.т.н., доцент кафедры «Горное дело» МПТИ (ф) СВФУ, Наставник программы «Сириус.Лето» 2021-2022 гг.



# Аннотация

На ОФ Якутии вследствие с переходом добычи на глубокие горизонты (более - 600 метров), где высокое содержание глинистых пород, руда после предварительного дробления поступает в самый энергозатратный и сложный процесс, который требует непрерывное поддержание технологических параметров, там происходит открытие ценного компонента и подготовка к обогащению.

До настоящего времени остаются нерешенными вопросы повышенная производительность по товарному классу в процессе измельчения, снижения энергозатрат на тонну перерабатываемого сырья, повышения качества работы мельниц и безотказности их функционирования. Указанные проблемы целесообразно решать путём использования цифрового двойника комплекса измельчения, что позволит смоделировать наиболее сложные ситуации без отрыва оборудования от производственного процесса.



## Цель и задачи ВКР

**Цель:** Разработка цифрового двойника комплекса измельчения обогатительной фабрики для повышения производительности по товарному классу в процессе дезинтеграции, снижение энергозатрат на тонну перерабатываемого сырья, повышение качества работы и безотказности её функционирования, путем проектирования (разработки) и внедрения и использования модели АСУ ТП комплекса, применение резервов оборудования, включение частотно-регулируемых приводов.

### **Задачи:**

1. Анализ и сбор данных для модели цифрового двойника.
2. Составление математической модели.
3. Выбор оптимального оборудования управления комплексом, для использования параметров в модели.
4. Моделирование процесса в MatLab.
5. Создание цифрового двойника в Scada-системе предприятия.

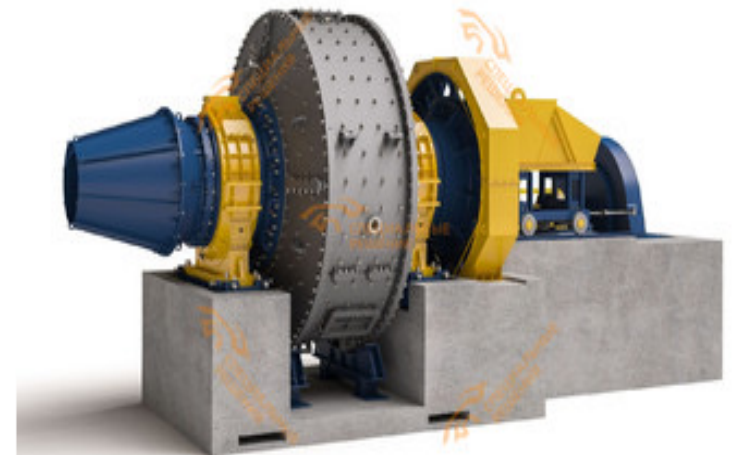




# 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## Назначение производственного объекта

Руда, находясь на ленточном конвейере, где происходит замер её массы, поступает в мельницу мокрого самоизмельчения, на двигателе конвейера происходит замер его нагрузочных характеристик, регулировка скорости вращения двигателя происходит с помощью регулятора частоты. Принцип действия мельницы заключается в дезинтеграции песков, руд измельчение сырья происходит в мельнице мокрого самоизмельчения, до крупности - 50 мм. Измельчённый материал поступает в зумпф, откуда грунтовым насосом перекачивает пульпу в обесшламливающую пирамидальную воронку, пески которой поступают в спиральный классификатор.



# 1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КАК ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

В технологический комплекс измельчения входят: ленточный конвейер, мельница мокрого самоизмельчения, классификатор. Проектирование комплекса есть выбор переменных параметров оборудования, которые могут изменяться непрерывно (скорость подачи питания, расходы воды в мельницу, расход руды, частота вращения, и др.).

Вода в мельницу подается в зависимости от того, сколько руды поступает в нее. Расход воды – это так называемый ведомый параметр, ведущий – расход руды в мельницу. Частоту вращения барабана мельницы, как правило, не изменяют в процессе работы. Ее определяют и устанавливают при наладке технологического комплекса на оптимальном уровне для контрольного типа руды.

<b>Параметры работы мельницы:</b>	
Ж (вода) : Т (руда)	0,3 - 0,4 до 1
Вода в мельницу	70 – 120 м <sup>3</sup> /ч
Производительность	до 320 т/ч
Скорость вращения барабана, критическая	16 об./мин
Мощность электродвигателя	2500 кВт

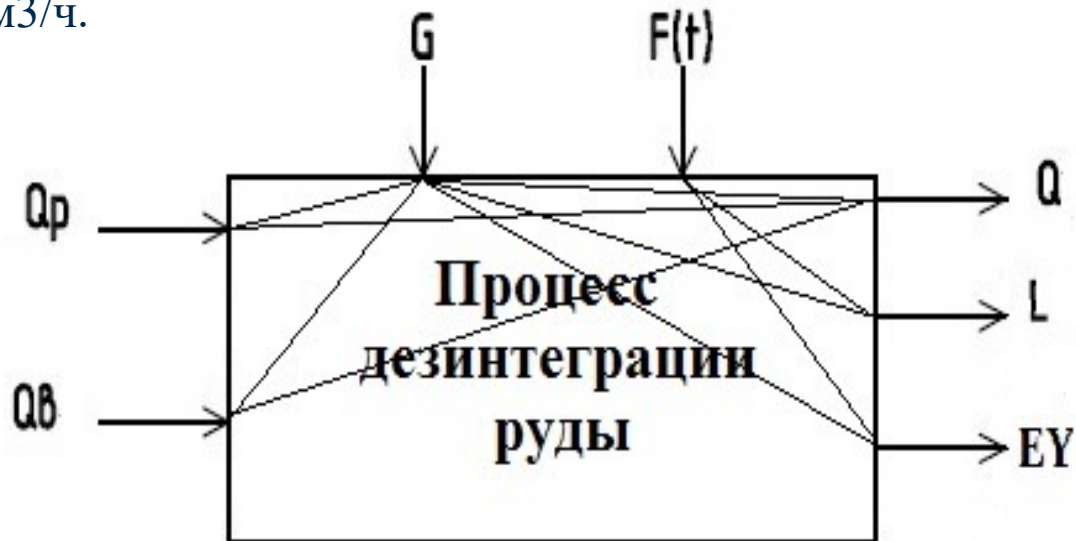
## 2. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КАК ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

Входные параметры: - подача руды в мельницу,  $Q_p, \text{т/ч}$ ; - расход воды в мельницу,  $Q_b, \text{м}^3/\text{ч}$ ;

Выходные параметры: - выход пульпы,  $Q_p, \text{м}^3/\text{ч}$ ; - уровень заполнения мельницу,  $L, \text{м}$ ; - номинальный ток двигателя классификатора,  $E_Y, \text{мА}$ ;

Возмущающие параметры: - физические свойства руды (прочность, твердость, раскалываемость и т.д.)  $G, \%$ ; - процессы, связанные с износом, заштыбовкой и старением оборудования,  $F(t), \%$ .

Параметры управления: - расход руды в мельницу,  $Q_p, \text{т/ч}$ ; - расход воды в мельницу,  $Q_b, \text{м}^3/\text{ч}$ .



Технологический процесс дезинтеграции, как объект управления

## 2. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КАК ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

Сигналы на контроль и управление					
Наименование параметра	Предел измер.	Показание	Регистрация	Регулирование	Сигнализация
Масса руды (расход)	320 000 кг/ч	+	+	+	-
Расход воды)	120 м <sup>3</sup> /ч	+	+	+	-
Уровень пульпы	8 м	+	-	+	+
Изм. ном. тока конвейера	1000 мА	+	+	-	+
Изм. ном. тока классификатора	1000 мА	+	+	-	+
Управление задвижкой подачи воды	%	+	+	+	-
Давление в трубопроводе	10 кПа	+	+	-	-

Технологический контроль и управление предусматривается: – с автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора, состоящего из рабочей станции технологического управления (автоматизированный и дистанционный режим); – с шкафа управления (местный режим).

Операторский уровень управления комплексом выполнен с использованием SCADA-системы Trace Mode с выводом информации на АРМ оператора.

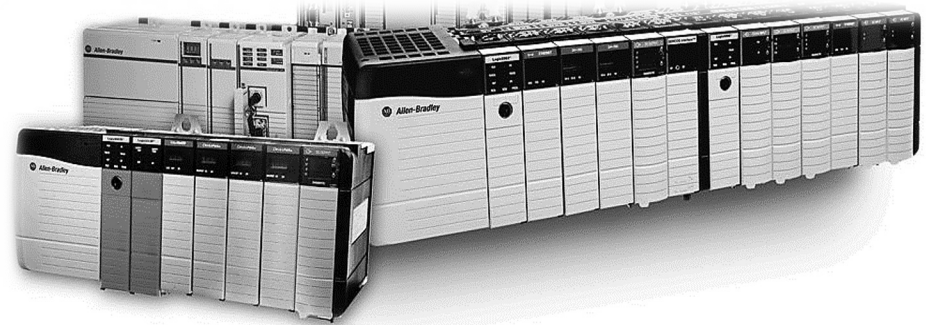
АСУ ТП предусматривает круглосуточную, непрерывную работу управления.

Функционирование системы происходит в трёх режимах: – автоматизированном; – дистанционном; – местном.

## Выбор технического обеспечения верхнего уровня (ПЛК, ПО)

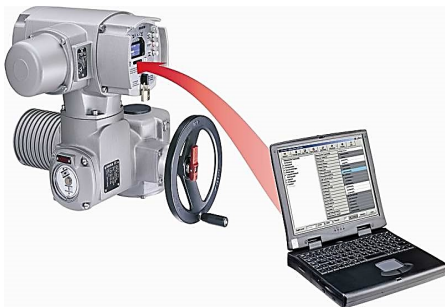
### ПЛК ф. Rockwell Automation ControlLogix 1756

с модулями: шасси 1756-A16,  
1756-AI\_16, 1756-AO\_16, 1756-DI\_16,  
1756-DO\_16, Модуль интерфейса  
SERCOS 1756-M16SE, Модуль связи  
EtherNet/IP 1756-ENBT, Сеть ControlNet  
1756-CNB, Блок питания 1756-PA72,  
Модуль интерфейсный 1756-ENBT

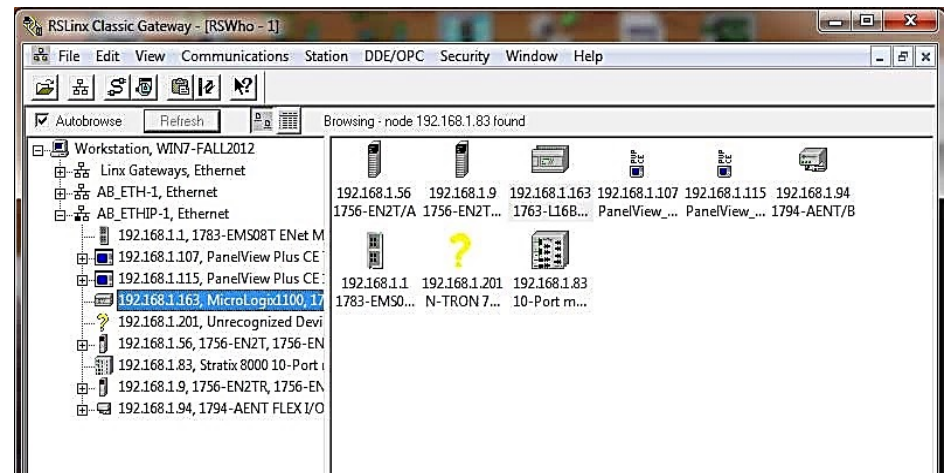


### Промышленные сети

- EtherNet/IP
- ControlNet
- DeviceNet



### Программное обеспечение RSLinx





### 3. ВЫБОР КОМПЛЕКСА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

#### Выбор технического обеспечения нижнего уровня (датчики, исполнительные механизмы)

**Расход руды в мельницу**  
Электронные конвейерные весы «КЛИМ»



**Средства измерения уровня пульпы**  
Ультразвуковой уровнемер VEGASON 61



**Средства измерения расхода воды**  
корреляционный ультразвуковой  
расходомер воды ДРК-4



**Запорно-регулирующая арматура**  
Полноприводные электродвигатели  
AUMA MATIC



**Средства измерения давления в трубопроводе**  
Преобразователь давления  
ПД-МКТС-Т

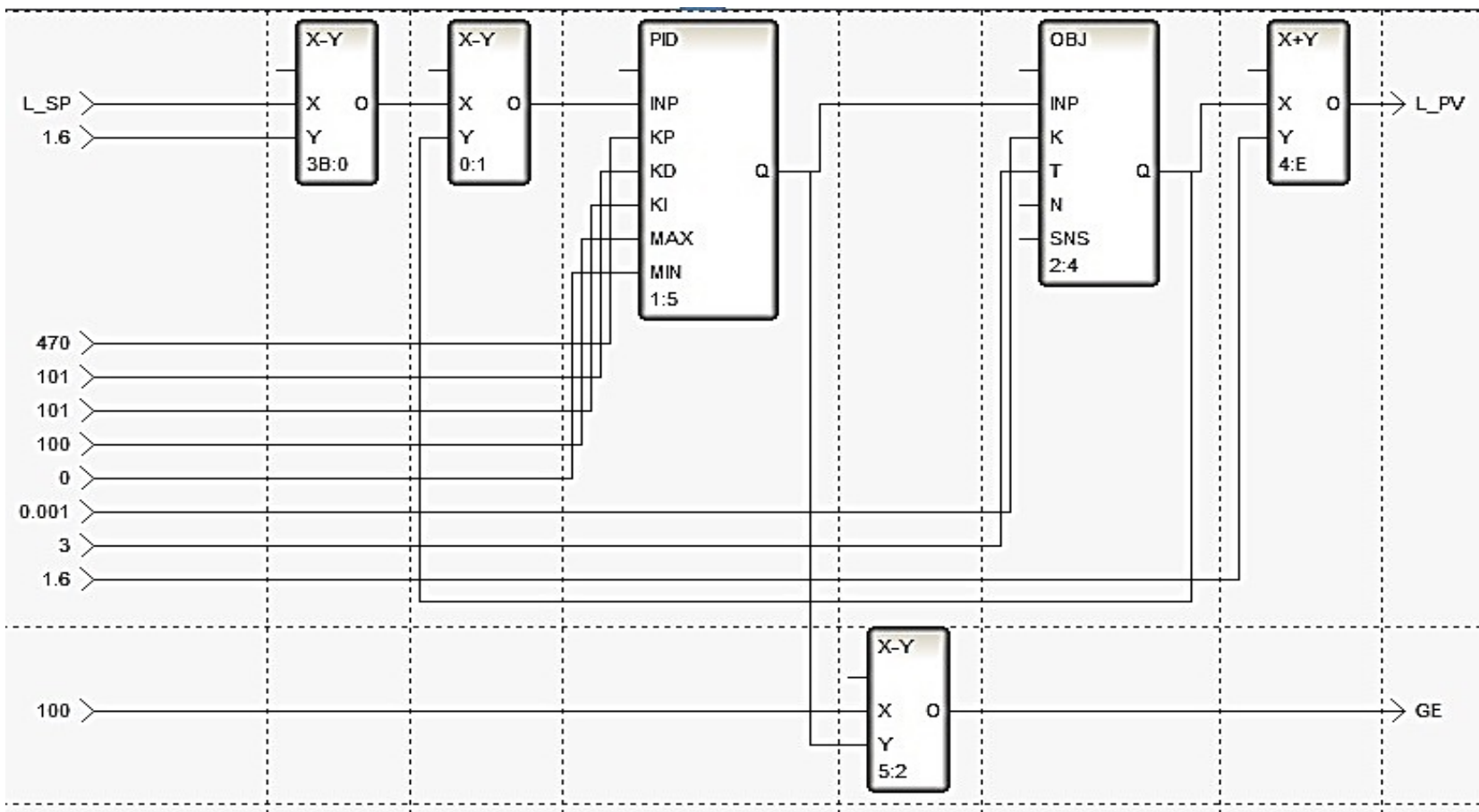


**Управление скоростью двигателя конвейера**  
Частотный преобразователь  
Danfoss VLT® Micro Drive FC 51



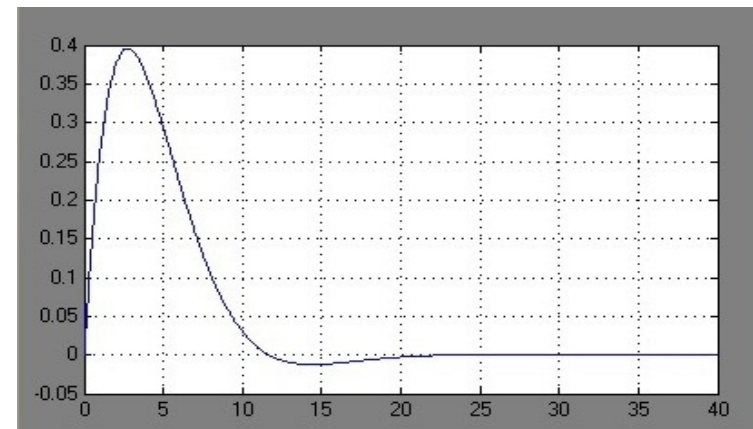
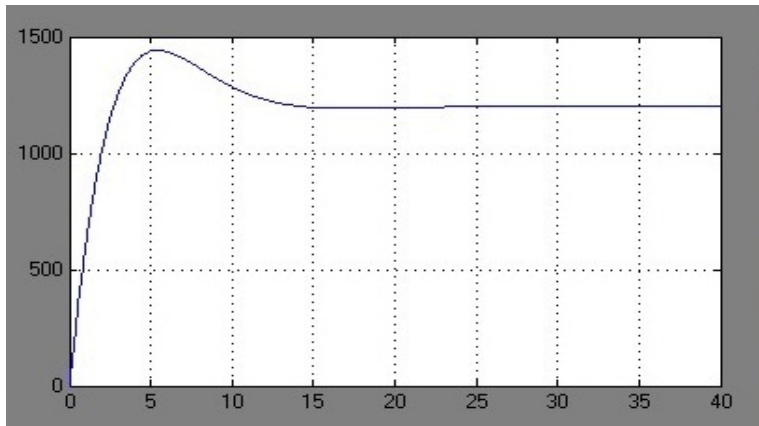
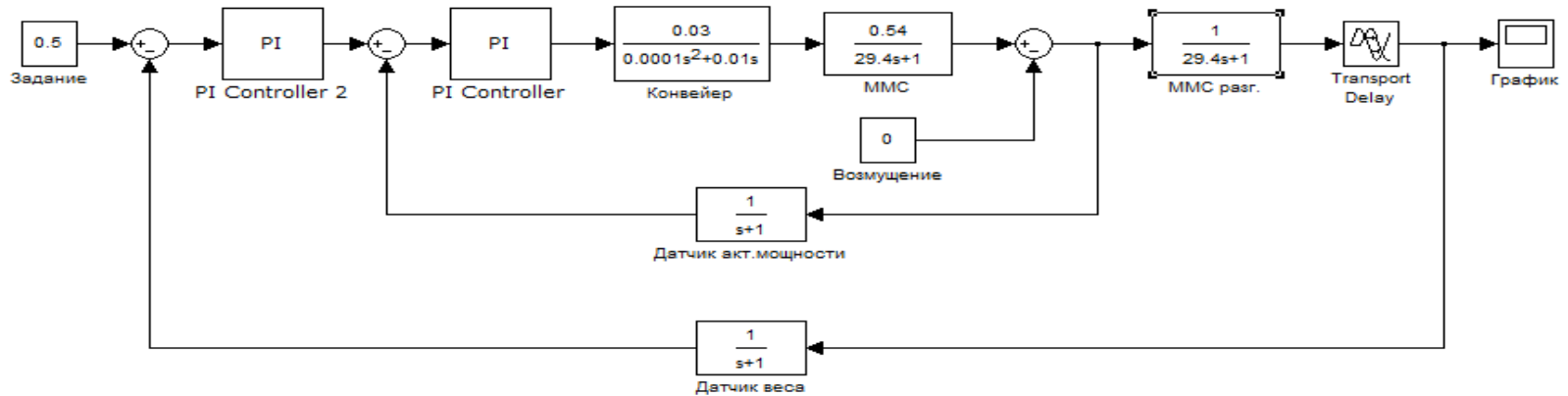
## 4. РАЗРАБОТКА ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ОПЕРАТОРА – ТЕХНОЛОГА УПРАВЛЕНИЯ МЕЛЬНИЦЫ В FACTORYTALK VIEW

Программирование ПЛК осуществляется в интегрированной информационной системе для управления промышленным производством с помощью программного обеспечения RSLogix 5000



**SCADA уровня мельницы с помощью языка программирования FBD**

## 4. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ КАСКАДНОЙ САР Выхода руды требуемой крупности



Графики переходных процессов контура стабилизации загрузки ММС

## 4. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ КАСКАДНОЙ САР Выхода руды требуемой крупности

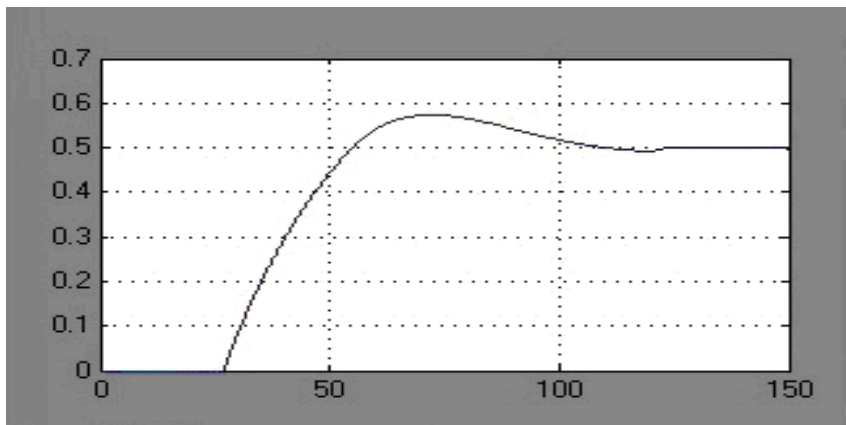


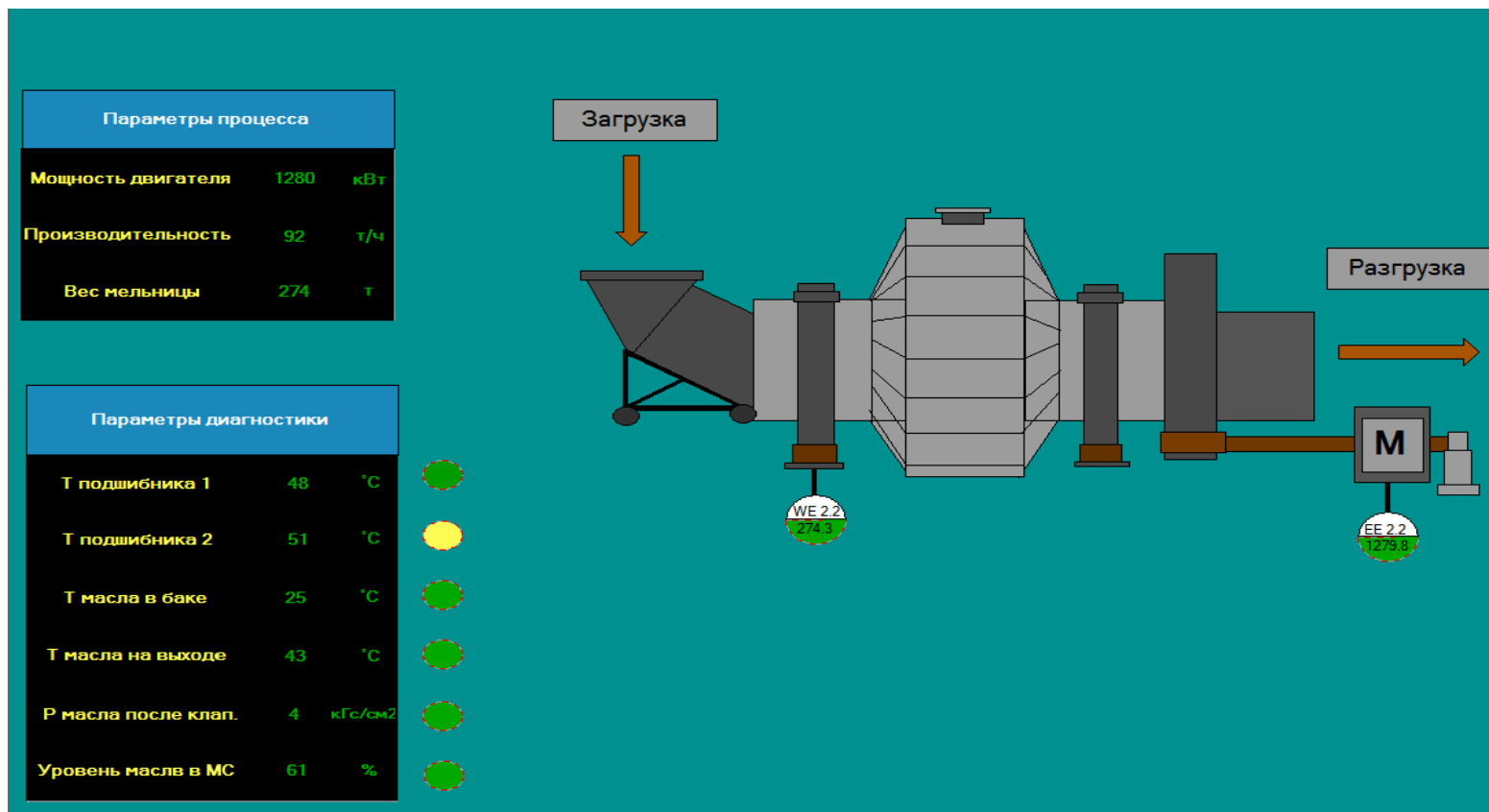
График переходных процессов каскадной САР

САР		Настроечные параметры ПИ регулятора		Показатели качества переходного процесса		
		Кр	Ки	Азад.	Амах.	tr
Внутренний контур	По заданию	0,1	0,07	1200	1440	24
	По возмущению	0,1	0,07	-	0,39	22
Внешний контур	По заданию	1,2	0,015	0,5	0,57	121



## 5. РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА КОМПЛЕКСА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ В FACTORYTALK VIEW

Разработку цифрового двойника комплекса измельчения обогатительной фабрики осуществляем в интегрированной информационной системе для управления промышленным производством FACTORYTALK VIEW.



Видеокадр АРМ оператора-технолога

Процесс дезинтеграции является опасным производственным объектом и характеризуется следующими факторами опасности:

Опасные производственные факторы, возможные при проведении работ:

Вращающиеся части электродвигателей, движущиеся, движущиеся части;

Падение с высоты при обслуживании технологического оборудования;

Падающие, перемещаемые предметы и грузы;

Вредные физические производственные факторы:

Поражение электрическим током;

Повышенный шум при работе скруббера, а также шум при транспортировке руды. Он может вызывать раздражение и агрессию, артериальную гипертензию (повышение артериального давления), тиннитус (шум в ушах), потерю слуха;

Вибрация: продолжительное воздействие вибрации может привести к изменению в нервной, сердечнососудистой и опорно-двигательной системах;

Неудовлетворительное освещение: вызывает утомляемость, головные боли и может быть причиной производственного травматизма;

Повышенная влажность и температура в помещении.

Вредные химические производственные факторы: запылённость.



### **Внедрение проекта позволит:**

1. Снизить технологическую нарушенность кристаллов алмазов;
2. Повысить производительность по товарному классу в процессе измельчения;
3. Снизить энергозатраты на тонну перерабатываемого сырья;
4. Повысить качество работы мельницы и безотказность её функционирования.

**Предполагаемая окупаемость проекта: 1 год.**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

