

# Разработка цифрового двойника комплекса измельчения обогатительной фабрики.

Дмитриев Тихон

## Актуальность

На обогатительных фабриках Якутии вследствие с переходом добычи на глубокие горизонты, 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.

## Проблемы:

- Повышенные энергозатраты при обработке.
- Качество работы мельницы.
- Безотказность функционирования мельницы.
- Нарушенность алмазов после обработки.

## Цель:

Разработка цифрового двойника комплекса измельчения обогатительной фабрики.

## 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.

## Назначение производственного объекта

Руда, находясь на ленточном конвейере поступает в мельницу мокрого самоизмельчения. На двигателе конвейера происходит замер его нагрузочных характеристик, регулировка скорости вращения двигателя происходит с помощью регулятора частоты.



Входные параметры: - подача руды в мельницу,  $Q_P$ , т/ч; - расход воды в мельницу,  $Q_B$ , м<sup>3</sup>/ч;

Выходные параметры: - выход пульпы,  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч; - уровень заполнения мельницы,  $L$ , м; - номинальный ток двигателя классификатора,  $EY$ , 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,  $Q_P$ , т/ч; - расход воды в мельницу,  $Q_B$ , м<sup>3</sup>/ч.

## Технологический процесс, как объект автоматизации

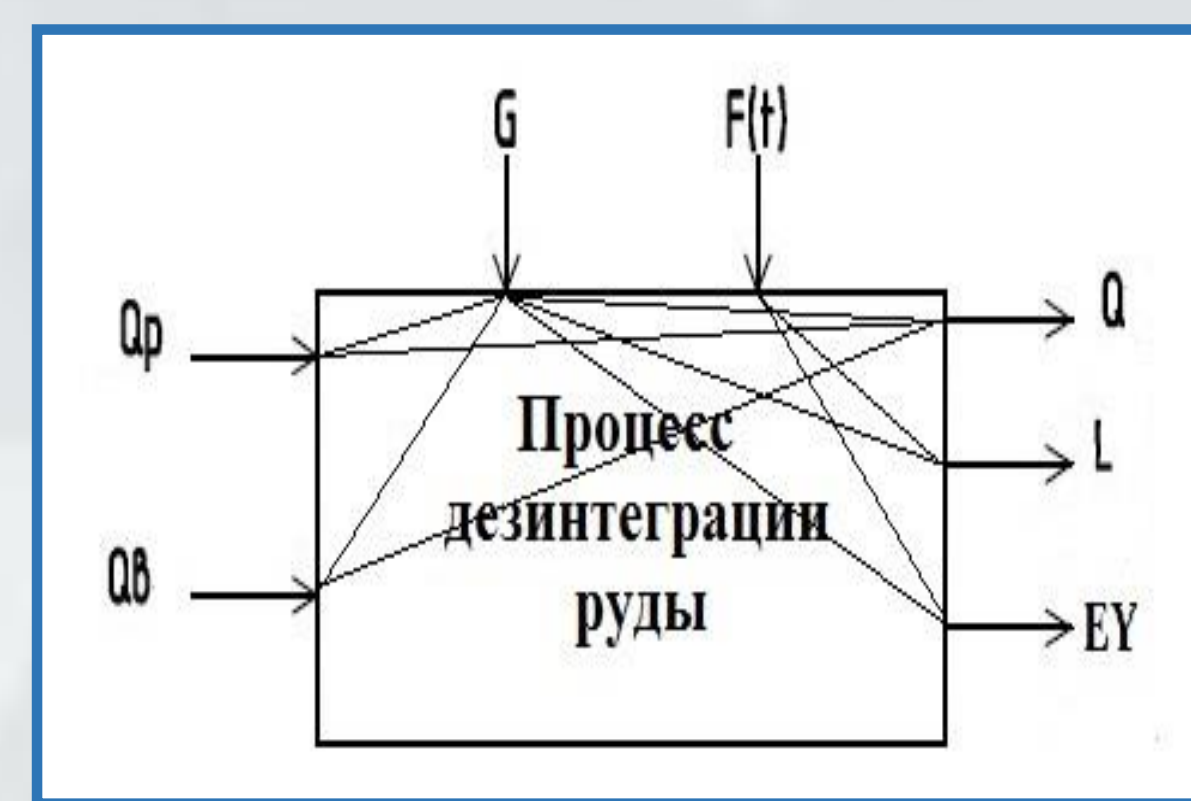
Сигналы на контроль и управление					
Наименование параметра	Предел измер.	Показание	Регистрация	Регулирование	Сигнализация
Масса руды (расход)	320 000 кг/ч	+	+	+	-
Расход воды	120 м <sup>3</sup> /ч	+	+	+	-
Уровень пульпы	8 м	+	-	+	+
Изм. ном. тока конвейера	1000 мА	+	+	-	+
Изм. ном. тока классификатора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

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

Параметры работы мельницы:	
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



## Практическая работа с мельницей



## Математическое описание модели

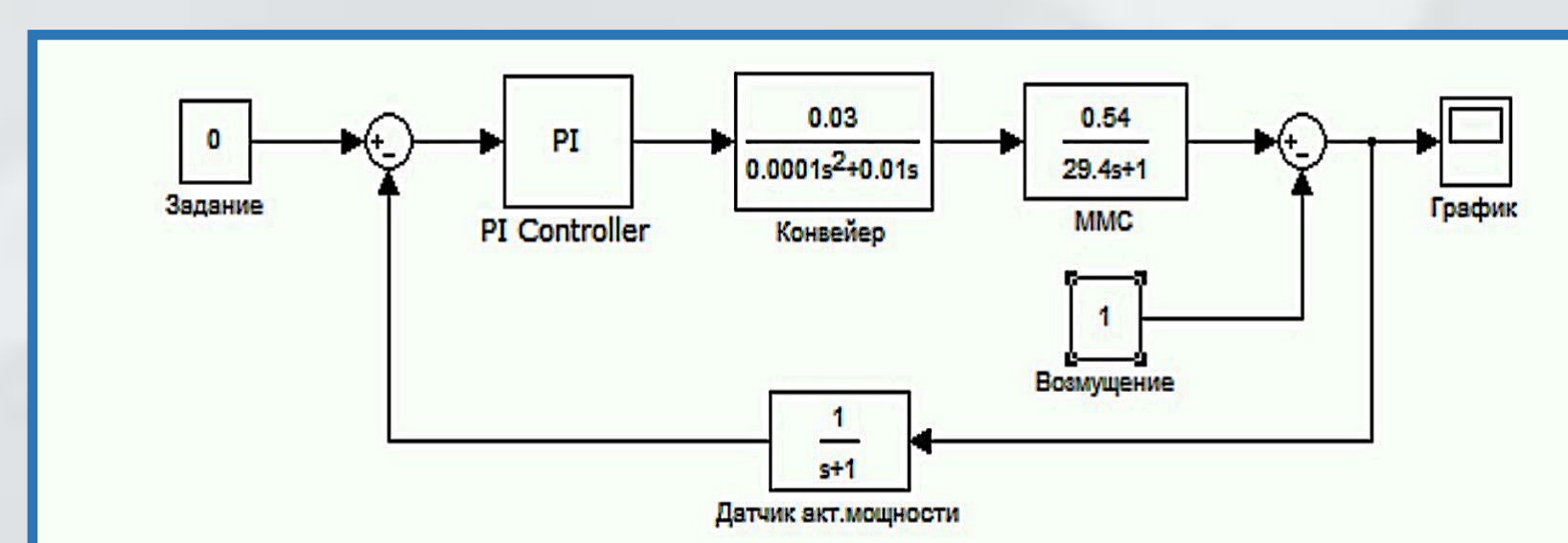
Передаточная функция мельницы по каналу «производительность – выход твёрдого в разгрузку»:

$$W_1(p) = \frac{\Delta q_{\text{ВЫХ.Т}}(p)}{\Delta Q(p)} = \frac{1}{T_1 p + 1}$$

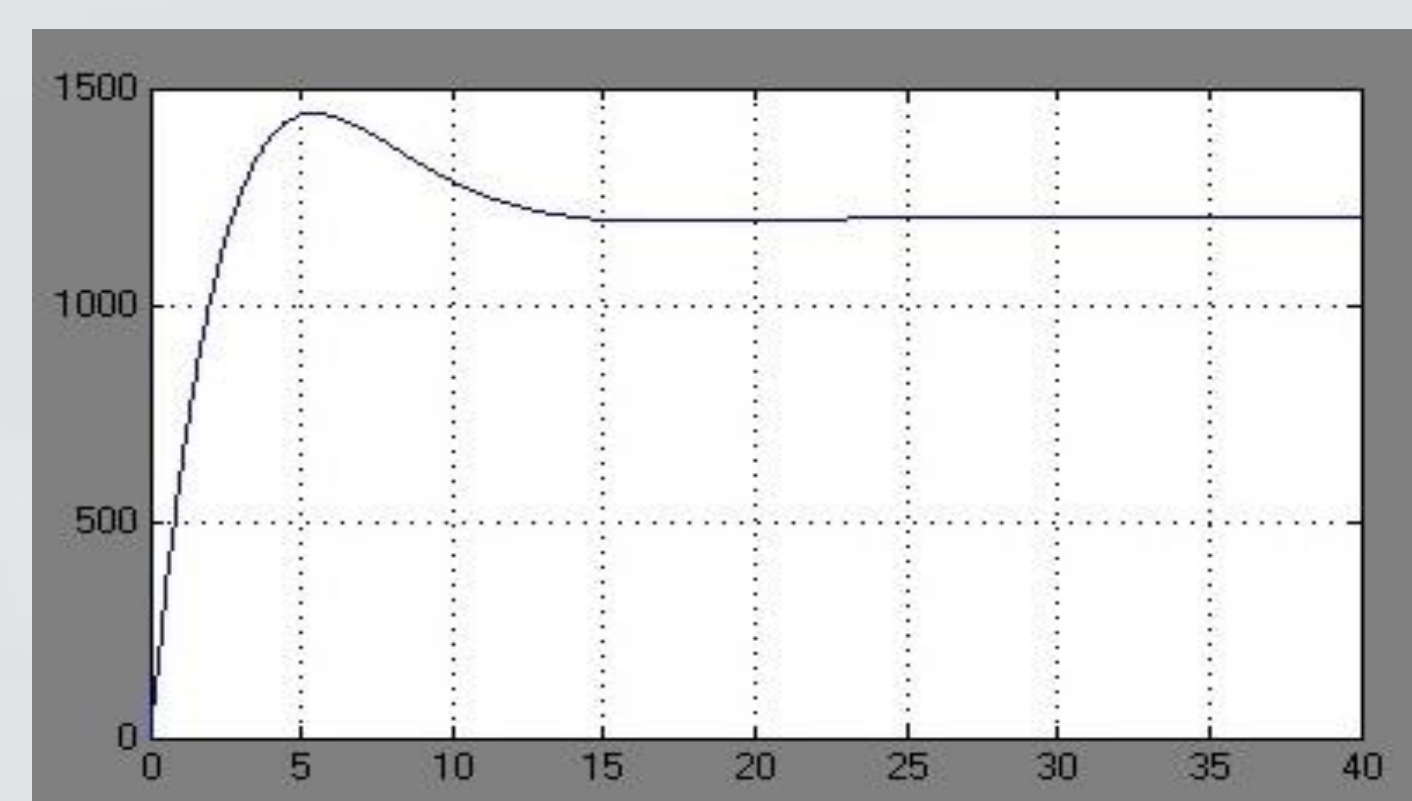
Передаточная функция мельницы по каналу «производительность – выход крупных классов в разгрузку»:

$$W_2(p) = \frac{\Delta q_{\text{ВЫХ.КР}}(p)}{\Delta Q(p)} = \frac{k_2}{T_2 p + 1}$$

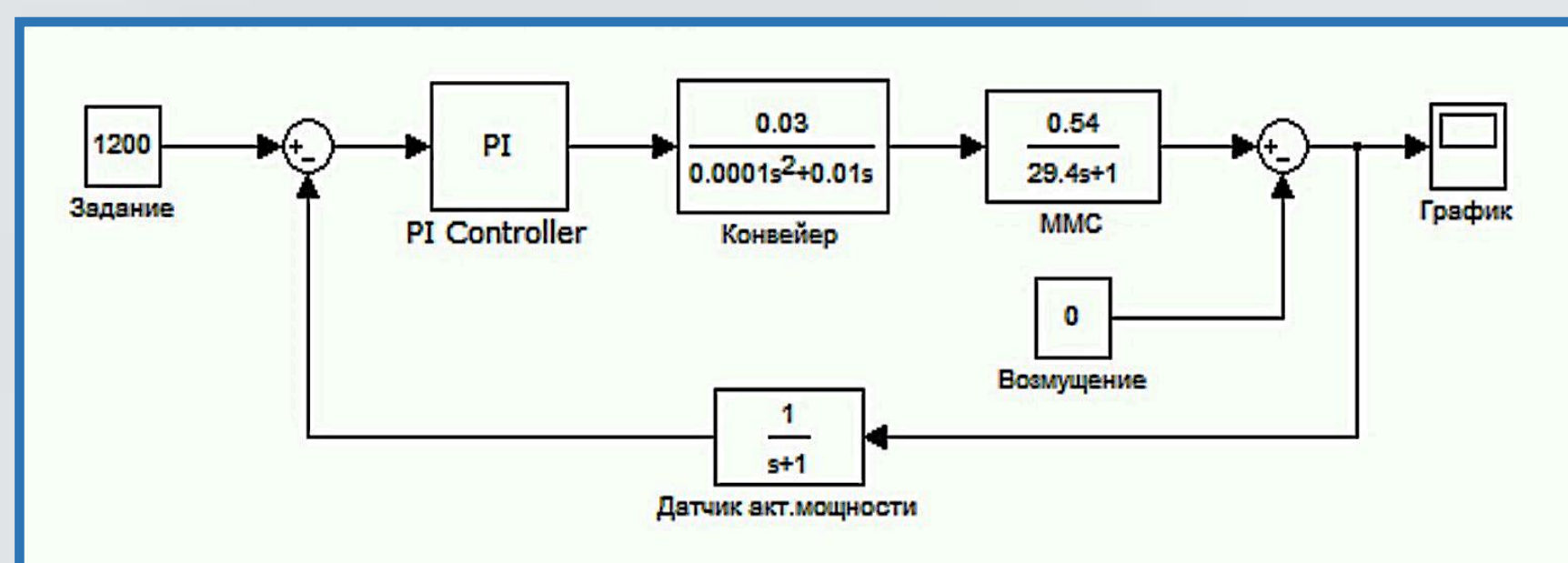
## Построение модели в Matlab



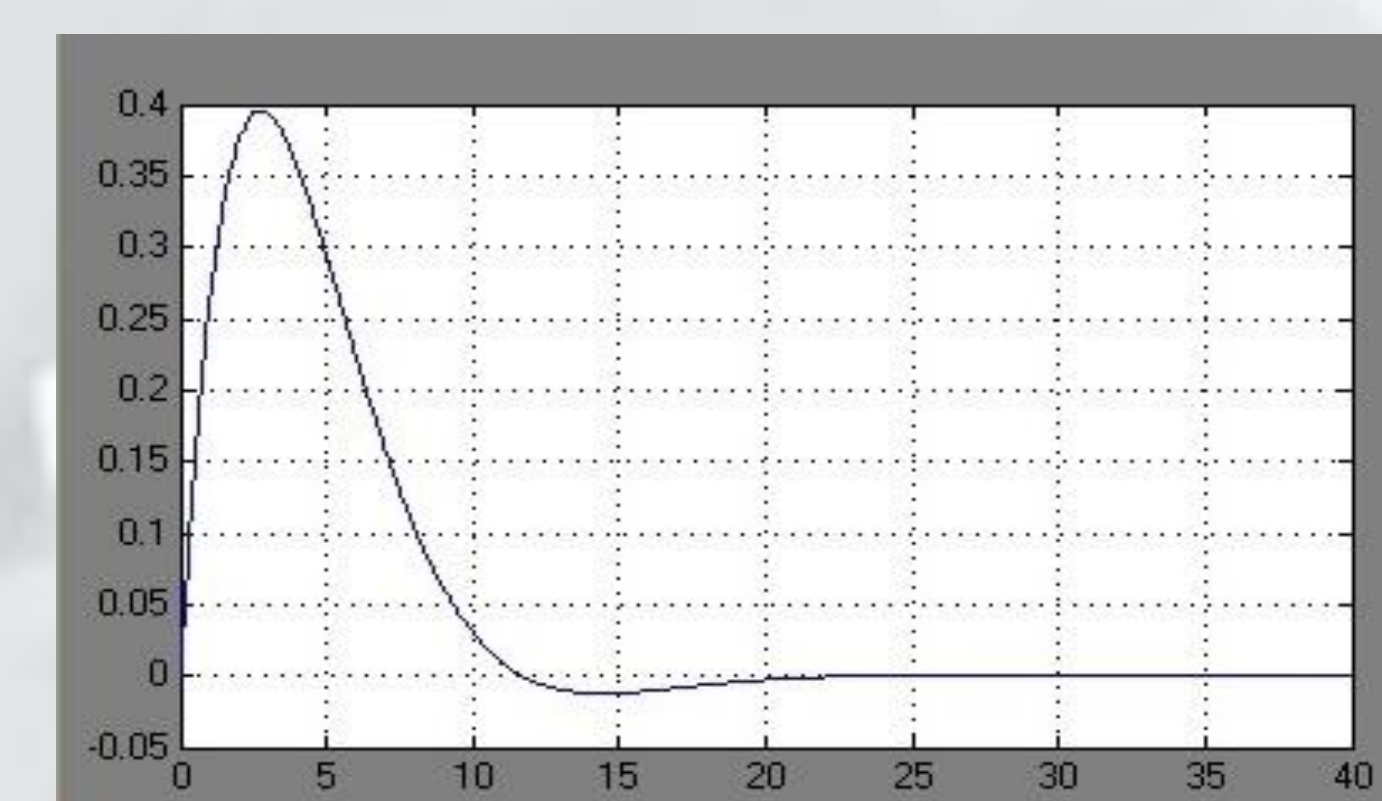
Канал «Возмущение»



Канал «Задание»



Канал «Задание»

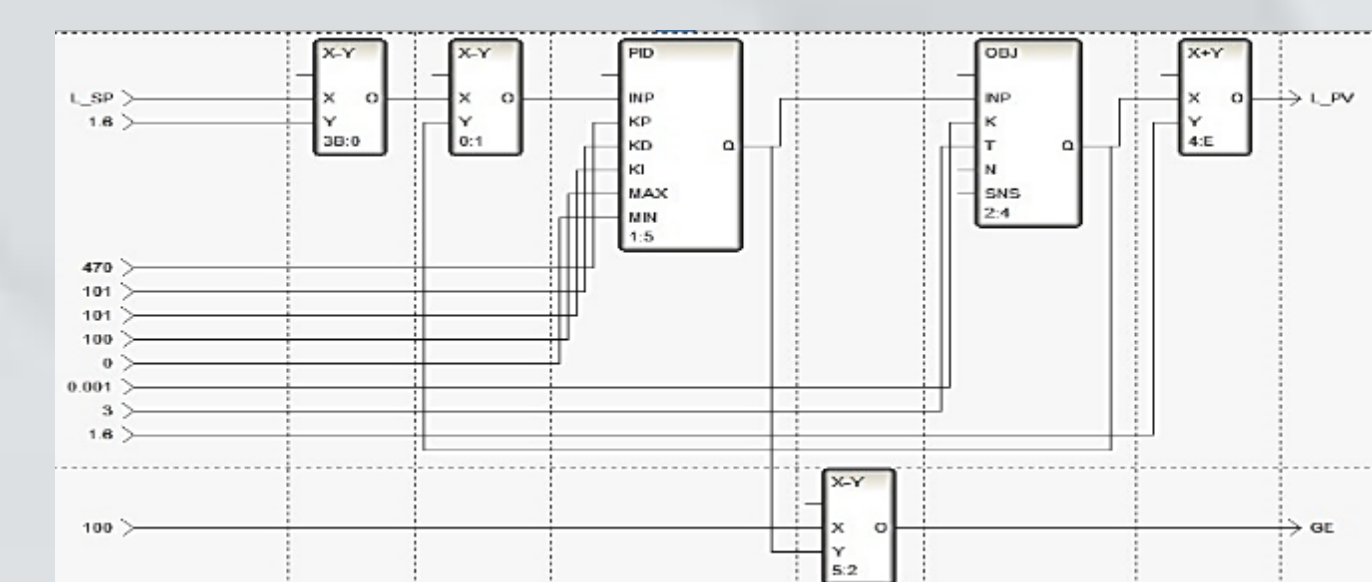


Канал «Возмущение»

Значения параметров настройки ПИ-регулятора для данного объекта принимается:  $K_p = 0.1$ ;  $K_i = 0.07$ .

## Разработка графического интерфейса оператора-технолога управления мельницы

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



## Разработка графического интерфейса оператора-технолога управления мельницы

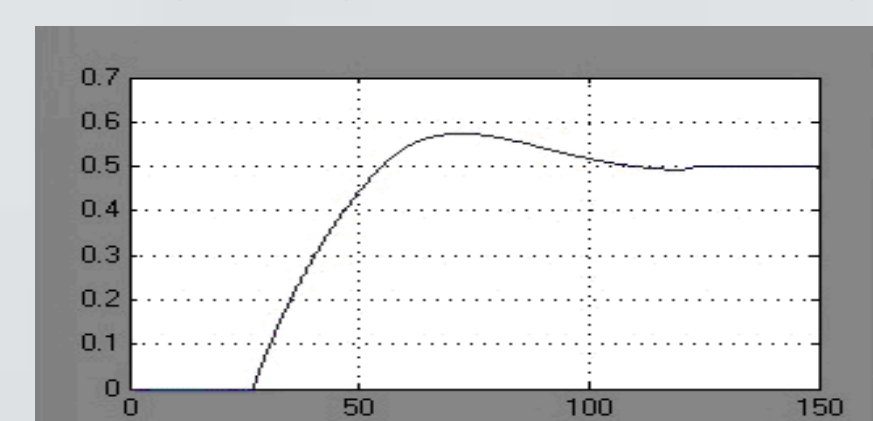
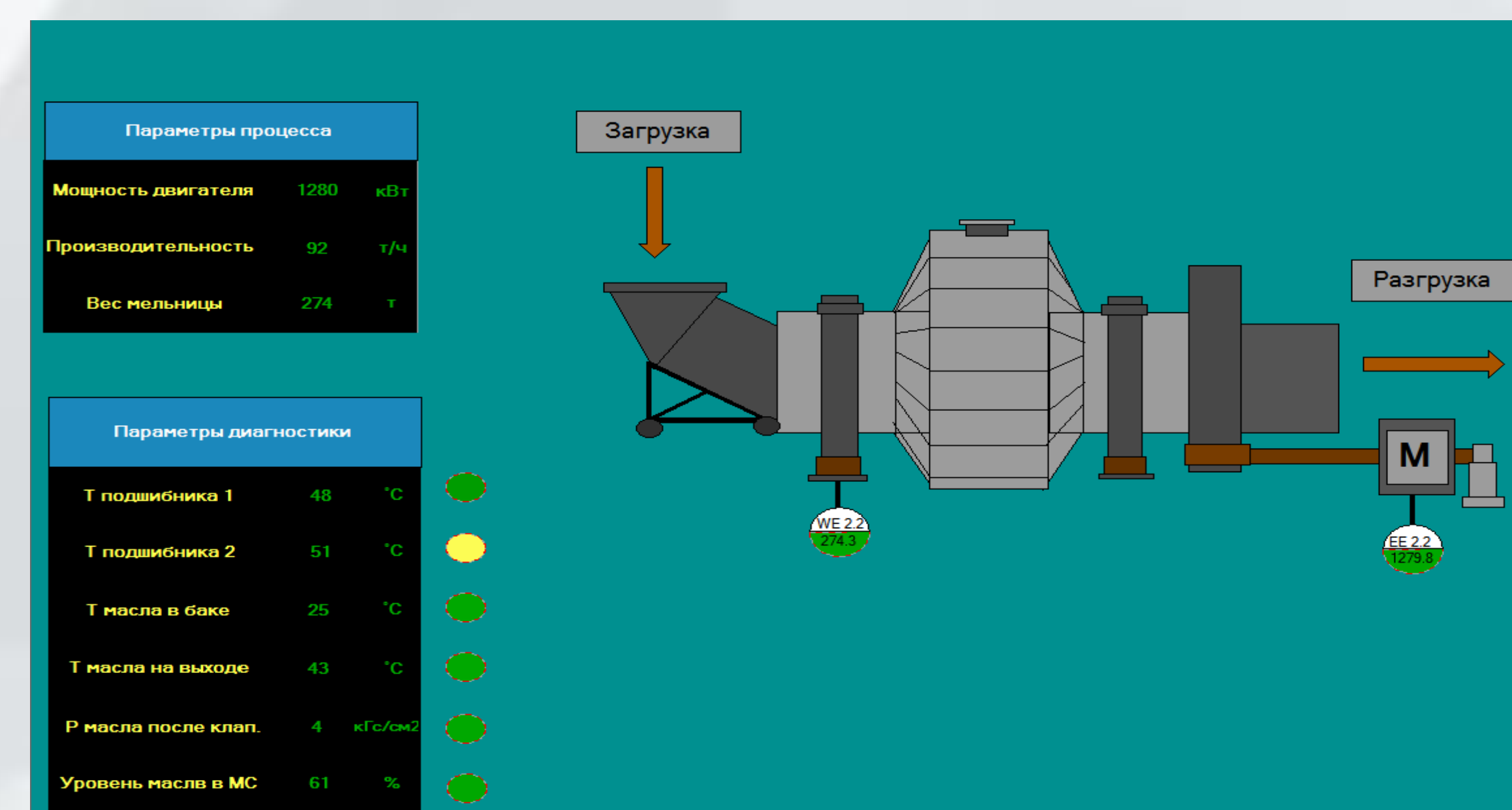


График переходных процессов каскадной САР

САР	По заданию	Настроенные параметры ПИ регулятора		Показатели качества переходного процесса		
		$K_p$	$K_i$	Азад.	Амах.	tp
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

## Разработка графического интерфейса оператора-технолога управления мельницы

Разработку цифрового двойника комплекса измельчения обогатительной фабрики осуществляем в интегрированной информационной системе для управления промышленным производством **TRACE MODE**.



## 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.