

Разработка программного модуля для контроля параметров гидравлического молота

Выполнил: студент группы № 22357
Климов Богдан Алексеевич

Научный руководитель: к. т. н. Котов
Константин Юрьевич

Область исследования

Гидравлический молот представляет собой специализированное оборудование дляковки и штамповки, функционирующее за счёт энергии, передаваемой гидравлической жидкостью. В процессе работы кинетическая энергия подвижных элементов преобразуется в усилие, необходимое для пластической деформации нагретой заготовки с целью придания ей требуемой конфигурации.



Штамповочный молот МШ-3

Актуальность

Проблемы существующих систем:

- Устаревшее управление – большинство промышленных молотов используют механические и аналоговые системы 1970-х годов.
- Ручной контроль – оператор вручную регулирует параметры, что приводит к ошибкам и нестабильности.
- Энергопотери – до 40% энергии тратится впустую из-за неоптимального управления.
- Гидравлические удары – резкие перепады давления снижают ресурс оборудования.

Решение:

- Цифровая автоматизация – точный контроль параметров в реальном времени.
- ROS-платформа – гибкость, масштабируемость, открытый код.

Цель и задачи

Цель: Создание аппаратно-программного комплекса для автоматизированного контроля параметров гидравлического молота в реальном времени.

Задачи:

- Разработка схемы подключения датчиков
- Создание ROS-модулей обработки данных
- Интеграция системы управления клапанами
- Тестирование на лабораторном стенде
- Создание алгоритмов управления

Аппаратная часть



Raspberry Pi 3 Model B+ и High-Precision AD/DA Expansion Board



Телекоммуникационный шкаф

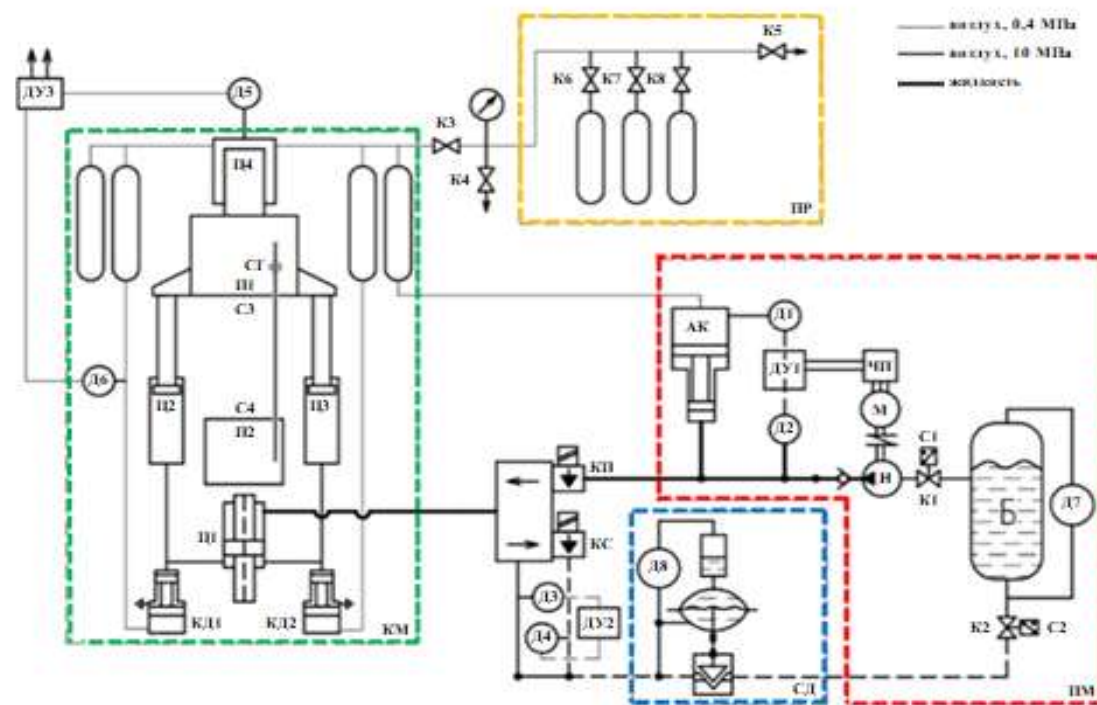
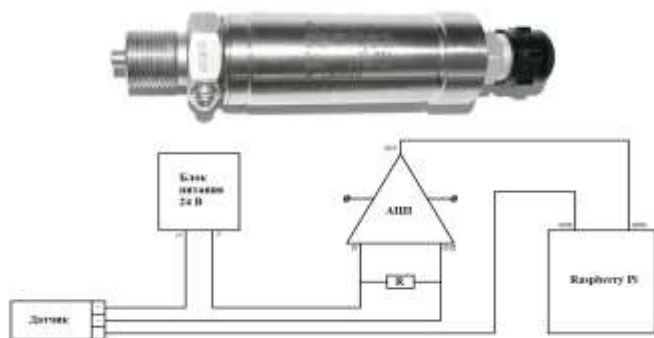
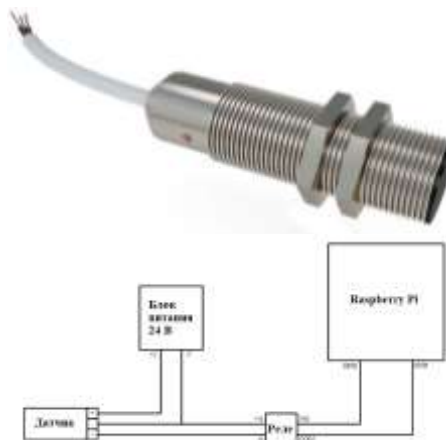


Схема установки гидравлического молота МШ-3

Датчики и схемы подключения



Датчик давления МИДА-ДИ-13П-1



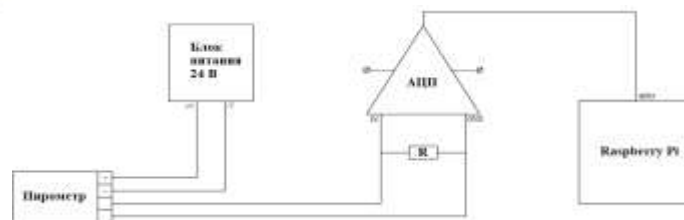
Концевой датчик ISN FT4A-31P-8-LZ



Линейка и считывающая головка ЛИР-МИЗ-05-ПИ-1-1,0-В(DB9)



Пирометр Кельвин ИКС 485-600



Универсальный модуль взаимодействия ЛИР-919Д

Модули обработки сигналов

Основные характеристики АЦП:

- Модель: ADS1256 (24-битный)
- Количество каналов: 8
- Интерфейс: SPI
- Входной диапазон: ± 5 В

Основные характеристики ЦАП:

- Модель: DAC8552 (16-битный)
- Количество каналов: 2
- Интерфейс: SPI
- Выходной диапазон: 0-5 В

Формулы преобразования:

- Давление:

$$P = 1.6 \cdot \frac{I - 4}{20 - 4}, \quad I = \frac{U}{R_n}$$

где P – давление в МПа, I – ток в мА, U – измеренное напряжение в вольтах, $R_n = 225$ Ом.

- Температура:

$$T = -50 + (600 - (-50)) \cdot \frac{D}{65535}$$

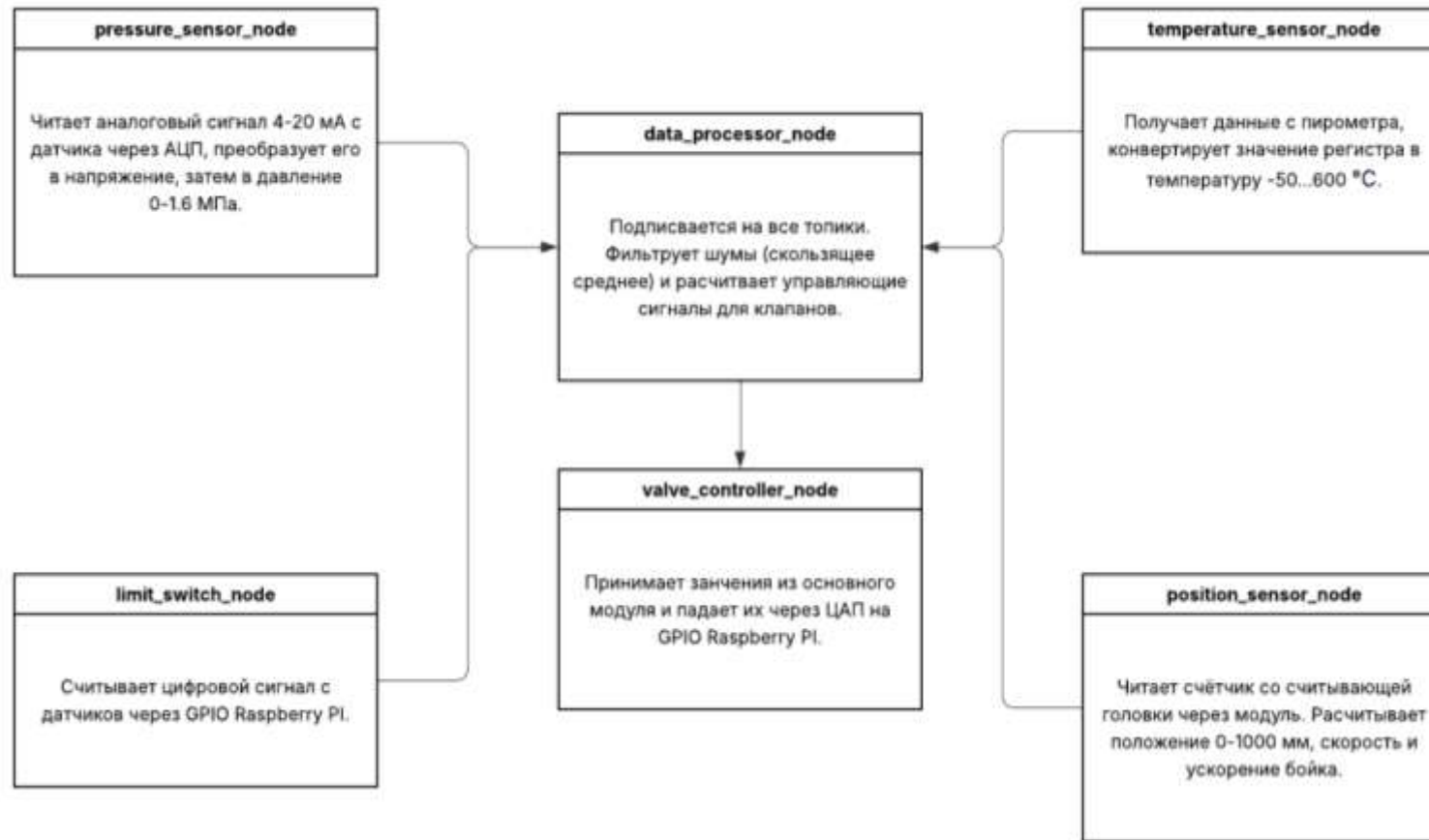
где T – температура в °С, D – значение 16-битного регистра, 65535 – максимальное значение для 16-битного регистра.

- Положение бойка:

$$x = N \cdot 0.001$$

где x – положение в миллиметрах, N – значение счётчика в импульсах.

Основной и управляющий модули



Связи программных модулей

Экспериментальные данные

[15:11:44]	Sensor CH0	Voltage: 0.917 V	Pressure: 96284.45 Pa
[15:11:44]	Sensor CH1	Voltage: 0.965 V	Pressure: 101325.0 Pa
[15:11:44]	Sensor CH2	Voltage: 0.965 V	Pressure: 101325.0 Pa
[15:11:44]	Sensor CH3	Voltage: 0.965 V	Pressure: 101325.0 Pa
[15:11:44]	Sensor CH4	Voltage: 0.965 V	Pressure: 101325.0 Pa
[15:11:44]	Sensor CH5	Voltage: 0.965 V	Pressure: 101325.0 Pa
[15:11:44]	Sensor CH6	Voltage: 0.965 V	Pressure: 101325.0 Pa
[15:11:44]	Sensor CH7	Voltage: 0.965 V	Pressure: 101325.0 Pa
[15:11:45]	Sensor CH0	Voltage: 0.946 V	Pressure: 99308.33 Pa
[15:11:45]	Sensor CH1	Voltage: 0.965 V	Pressure: 101325.0 Pa
[15:11:45]	Sensor CH2	Voltage: 0.965 V	Pressure: 101325.0 Pa
[15:11:45]	Sensor CH3	Voltage: 0.965 V	Pressure: 101325.0 Pa
[15:11:45]	Sensor CH4	Voltage: 0.965 V	Pressure: 101325.0 Pa
[15:11:45]	Sensor CH5	Voltage: 0.965 V	Pressure: 101325.0 Pa
[15:11:45]	Sensor CH6	Voltage: 0.965 V	Pressure: 101325.0 Pa
[15:11:45]	Sensor CH7	Voltage: 0.965 V	Pressure: 101325.0 Pa
[15:11:45]	Sensor CH0	Voltage: 0.919 V	Pressure: 96491.43 Pa
[15:11:45]	Sensor CH1	Voltage: 0.965 V	Pressure: 101325.0 Pa
[15:11:45]	Sensor CH2	Voltage: 0.965 V	Pressure: 101325.0 Pa
[15:11:45]	Sensor CH3	Voltage: 0.965 V	Pressure: 101325.0 Pa
[15:11:45]	Sensor CH4	Voltage: 0.965 V	Pressure: 101325.0 Pa
[15:11:45]	Sensor CH5	Voltage: 0.965 V	Pressure: 101325.0 Pa
[15:11:45]	Sensor CH6	Voltage: 0.965 V	Pressure: 101325.0 Pa
[15:11:45]	Sensor CH7	Voltage: 0.965 V	Pressure: 101325.0 Pa

Сообщения от датчиков давления

[15:32:32]	Sensor CH0	Voltage: 0.307 V	Temperature: 21.84 °C
[15:32:32]	Sensor CH1	Voltage: 0.417 V	Temperature: 22.5 °C
[15:32:33]	Sensor CH0	Voltage: 0.953 V	Temperature: 25.72 °C
[15:32:33]	Sensor CH1	Voltage: 0.417 V	Temperature: 22.5 °C
[15:32:33]	Sensor CH0	Voltage: 0.22 V	Temperature: 21.32 °C
[15:32:33]	Sensor CH1	Voltage: 0.417 V	Temperature: 22.5 °C
[15:32:34]	Sensor CH0	Voltage: 0.858 V	Temperature: 25.15 °C
[15:32:34]	Sensor CH1	Voltage: 0.417 V	Temperature: 22.5 °C
[15:32:34]	Sensor CH0	Voltage: 0.08 V	Temperature: 20.48 °C
[15:32:34]	Sensor CH1	Voltage: 0.417 V	Temperature: 22.5 °C
[15:32:35]	Sensor CH0	Voltage: 0.667 V	Temperature: 24.0 °C
[15:32:35]	Sensor CH1	Voltage: 0.417 V	Temperature: 22.5 °C
[15:32:35]	Sensor CH0	Voltage: 0.945 V	Temperature: 25.67 °C
[15:32:35]	Sensor CH1	Voltage: 0.417 V	Temperature: 22.5 °C
[15:32:36]	Sensor CH0	Voltage: 0.268 V	Temperature: 21.61 °C
[15:32:36]	Sensor CH1	Voltage: 0.417 V	Temperature: 22.5 °C
[15:32:36]	Sensor CH0	Voltage: 0.777 V	Temperature: 24.66 °C
[15:32:36]	Sensor CH1	Voltage: 0.417 V	Temperature: 22.5 °C
[15:32:37]	Sensor CH0	Voltage: 0.757 V	Temperature: 24.54 °C
[15:32:37]	Sensor CH1	Voltage: 0.417 V	Temperature: 22.5 °C
[15:32:37]	Sensor CH0	Voltage: 0.212 V	Temperature: 21.27 °C
[15:32:37]	Sensor CH1	Voltage: 0.417 V	Temperature: 22.5 °C

Сообщения от датчиков температуры

[15:27:36]	LIMIT_SWITCH_0	Channel: 0	State: OFF
[15:27:36]	LIMIT_SWITCH_1	Channel: 1	State: OFF
[15:27:36]	LIMIT_SWITCH_2	Channel: 2	State: OFF
[15:27:36]	LIMIT_SWITCH_3	Channel: 3	State: OFF
[15:27:36]	LIMIT_SWITCH_0	Channel: 0	State: OFF
[15:27:36]	LIMIT_SWITCH_1	Channel: 1	State: OFF
[15:27:36]	LIMIT_SWITCH_2	Channel: 2	State: ON
[15:27:36]	LIMIT_SWITCH_3	Channel: 3	State: OFF
[15:27:37]	LIMIT_SWITCH_0	Channel: 0	State: OFF
[15:27:37]	LIMIT_SWITCH_1	Channel: 1	State: OFF
[15:27:37]	LIMIT_SWITCH_2	Channel: 2	State: OFF
[15:27:37]	LIMIT_SWITCH_3	Channel: 3	State: OFF
[15:27:37]	LIMIT_SWITCH_0	Channel: 0	State: OFF
[15:27:37]	LIMIT_SWITCH_1	Channel: 1	State: OFF
[15:27:37]	LIMIT_SWITCH_2	Channel: 2	State: ON
[15:27:37]	LIMIT_SWITCH_3	Channel: 3	State: OFF
[15:27:38]	LIMIT_SWITCH_0	Channel: 0	State: OFF
[15:27:38]	LIMIT_SWITCH_1	Channel: 1	State: OFF
[15:27:38]	LIMIT_SWITCH_2	Channel: 2	State: OFF
[15:27:38]	LIMIT_SWITCH_3	Channel: 3	State: OFF
[15:27:38]	LIMIT_SWITCH_0	Channel: 0	State: OFF
[15:27:38]	LIMIT_SWITCH_1	Channel: 1	State: OFF
[15:27:38]	LIMIT_SWITCH_2	Channel: 2	State: ON
[15:27:38]	LIMIT_SWITCH_3	Channel: 3	State: OFF

Сообщения от концевых датчиков

[15:30:02]	Sensor CH2	Voltage: 0.217 V	Position: 10.85 mm
[15:30:02]	Sensor CH2	Voltage: 0.685 V	Position: 34.25 mm
[15:30:03]	Sensor CH2	Voltage: 0.704 V	Position: 35.2 mm
[15:30:03]	Sensor CH2	Voltage: 0.299 V	Position: 14.95 mm
[15:30:04]	Sensor CH2	Voltage: 0.601 V	Position: 30.05 mm
[15:30:04]	Sensor CH2	Voltage: 0.547 V	Position: 27.35 mm
[15:30:05]	Sensor CH2	Voltage: 0.224 V	Position: 11.2 mm
[15:30:05]	Sensor CH2	Voltage: 0.073 V	Position: 3.65 mm
[15:30:06]	Sensor CH2	Voltage: 0.236 V	Position: 11.8 mm
[15:30:06]	Sensor CH2	Voltage: 0.829 V	Position: 41.45 mm
[15:30:07]	Sensor CH2	Voltage: 0.438 V	Position: 21.9 mm
[15:30:07]	Sensor CH2	Voltage: 0.225 V	Position: 11.25 mm
[15:30:08]	Sensor CH2	Voltage: 0.824 V	Position: 41.2 mm
[15:30:08]	Sensor CH2	Voltage: 0.999 V	Position: 49.95 mm
[15:30:09]	Sensor CH2	Voltage: 0.902 V	Position: 45.1 mm
[15:30:09]	Sensor CH2	Voltage: 0.09 V	Position: 4.5 mm

Сообщения от считывающей головки

Дальнейшее развитие

Планы по модернизации:

- Расширение датчиков – добавление виброметрии и контроля качества металла.
- ИИ-оптимизация – машинное обучение для прогнозирования износа и настройки параметров.
- Промышленные испытания – внедрение на молоте МШ-2 и тестирование в реальных условиях.
- Интеграция с SCADA – подключение к общей системе управления производством.

Перспективы:

- Повышение точности на 15-20%
- Снижение аварийности
- Возможность тиражирования на другие типы прессов

Спасибо за внимание!