

6. Численное моделирование динамических процессов в трансмиссии транспортных средств. Худорожков С.И. Красильников А.А. [Электронный ресурс] URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45714645>.

7. САПР машин. Инженерный анализ в среде MATLAB-SIMULINK. А. С. Поварехо В. Н. Плищ. Минск БНТУ 2022 С. 48-58. [Электронный ресурс] URL: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/110942/SAPR.pdf?sequence=1&isAllowed=y&ysclid=14wo05c96d668>

758101.

8. Моделирование и визуализация движений механических систем В MATLAB Омск-2007 С. 15-22. [Электронный ресурс] URL: <http://window.edu.ru/resource/733/79733/files/ED1646.pdf>.

9. [Сайт] URL: <https://www.mathworks.com/help/smlink/ug/installing-and-linking-sim-mechanics-link-software.html;jsessionid=086dc2742925e003c72812e18c4a>.

УДК 621.3

к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», e-mail: yrvaskon@mail.ru

ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», e-mail: olegpravoln@gmail.com

ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», e-mail: Gurulev_228_1488@bk.ru

ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», e-mail: rusakov.ilija-rusakov@yandex.ru

Коновалов Юрий Васильевич,

Яровой Александр Васильевич,
обучающийся группы ММб-22-1,

Гурулев Никита Андреевич,
обучающийся группы ЭАПЭб-22-1,

Русаков Илья Дмитриевич,
обучающийся группы ЭАПЭб-22-1,

**КОНТРОЛЬ ВЕСА ГОРНОЙ МАССЫ, ПЕРЕМЕЩАЕМОЙ ПОСРЕДСТВОМ
КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ**

Kononov Yu.V., Yarovoy A.V., Gurulev N.A., Rusakov I.D.

**CONTROL OF THE WEIGHT OF ROCK MASS MOVED THROUGH MINING
EXCAVATORS**

Аннотация. Предложено техническое решение на доступной элементной базе Российских производителей, позволяющее контролировать вес перемещаемой горной массы посредством карьерных экскаваторов.

Ключевые слова: контроль веса, горная масса, карьерный экскаватор.

Abstract. A technical solution is proposed based on the available element base of Russian manufacturers, which makes it possible to control the weight of the moved rock mass by means of mining excavators.

Keywords: weight control, rock mass, mining excavator.

Предприятия топливно-энергетического комплекса в современных условиях стараются использовать инновационные технологии, которые позволяют автоматизировать технологические процессы, повысить точность учета при перемещении горных масс и шире внедрять элементы диспетчеризации при управлении на всех стадиях добычи, транспортировки и переработки полезных ископаемых.

Если отследить эту цепочку с самого начала, то следует обратить внимание на забои, где происходит добыча полезного ископаемого, а затем его перевалка и погрузка на железнодорожный транспорт. Например, на предприятии ООО «Компания Востсиб-уголь» решают проблему точного определения веса загруженного угля в полувагон железнодорожного состава экскаватором ЭКГ-5А (экскаватор карьерный, гусеничный с объемом ковша 5 м³).

Это необходимо для того, чтобы исключить недогруз или перегруз, которые увеличивают грузооборот полувагонов, так как при этом требуется дополнительное дозирование другим экскаватором на пункте взвешивания.



Рисунок 1 – Экскаватор ЭКГ-5А на погрузке угля в полувагоны

Установить тензодатчик можно в разрыв троса, на который приходится усилие, пропорциональное весу перемещаемой горной массы. Одним из вариантов является использование силопередающего устройства для датчиков растяжения-сжатия С2/ШЗ (рисунок 2), являющимся узлом встройки со сферическим подшипником. Данное устройство предотвращает появление боковых сил и повышает точность измерений [2].



Рисунок 2 – Силопередающее устройство для датчиков растяжения-сжатия С2/ШЗ

Предлагается для этих целей использовать тензометрические датчики. Такой датчик, в соответствии с п.2.1.2 ГОСТ 8.631-2013, представляет собой весоизмерительный элемент, который реагирует на изменение величины физического воздействия (усилия) и переводит его в электрический сигнал. Фактически это резистор, меняющий параметр омического сопротивления, по отношению к прилагаемой силе. На практике широко используются для измерения массы и нагрузки в весоизмерительных системах. В

зависимости от сферы применения могут быть различные типы тензодатчиков, отличающихся как принципом действия, так и конструктивными особенностями [1].

Массогабаритные параметры датчиков этого типа приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Массогабаритные параметры датчиков типа С2/ШЗ

НПИ, т	Масса датчика, кг	Длина кабеля для соединения с преобразователем
0,5; 1; 2	1,5	3
3, 5, 7	4	10
10	9,3	
20	8	

Как видно из таблицы 1, эти датчики подходят для решения данной проблемы в сложных горнотехнических и климатических условиях Сибири [2]. Например, для устройства С2/ШЗ-20 диапазон температур эксплуатации и хранения от -50 до +50 С⁰. Наибольший предел измерения (НПИ) 20 тонн, допустимая перегрузка в течении не более 1 часа – 25 % от НПИ, а разрушающая нагрузка – 300 % от НПИ.

Сигнал с весоизмерительного элемента передается на весовой преобразователь-контроллер, изображенный на рисунке 3, который предназначен для использования в системах управления технологическими процессами [2]. Прибор имеет 4 дискретных входа и 4 дискретных выхода для возможности построения на его основе поточных весов. Прибор изготовлен в алюминиевом корпусе щитового исполнения с прочным порошковым покрытием. Имеет яркий светодиодный индикатор и кнопочную клавиатуру для работы с прибором и управления настройками.



Рисунок 3 – Весовой преобразователь-контроллер

С целью проведения предварительных исследований данного варианта решения, разработана лабораторная установка на базе Arduino-модуля НХ711 на основе аналого-

цифрового преобразователя (АЦП) со встроенным усилителем HX711, предназначенным для получения данных с тензодатчиков. Основа модуля – специализированная микросхема HX711, имеет АЦП с разрешением 24 бит, благодаря чему обеспечивается высокая точность измерений (для сравнения – разрешение АЦП, встроенного в Arduino 10 бит). Модуль имеет 2 канала А и В, к которым можно подключить два тензодатчика. Для канала А коэффициент усиления равен 64 или 128, для канала В коэффициент усиления равен 32. Модуль работает с частотой измерений 80 Гц. Технические характеристики HX711 [3]:

напряжение питания – 5,5-6 В;
 рабочее напряжение – 5 В;
 количество каналов подключения тензодатчиков – 2;
 коэффициент усиления – 32, 64, 128;
 дифференциальный вход с напряжением – ± 40 мВ;
 разрядность АЦП – 24 бит;
 частота измерений – 80 Гц;
 рабочий ток – до 10 мА;
 рабочая температура – 40-85 С⁰;
 размеры – 38x21x10 мм.
 Схема лабораторной установки приведена на рисунке 4.

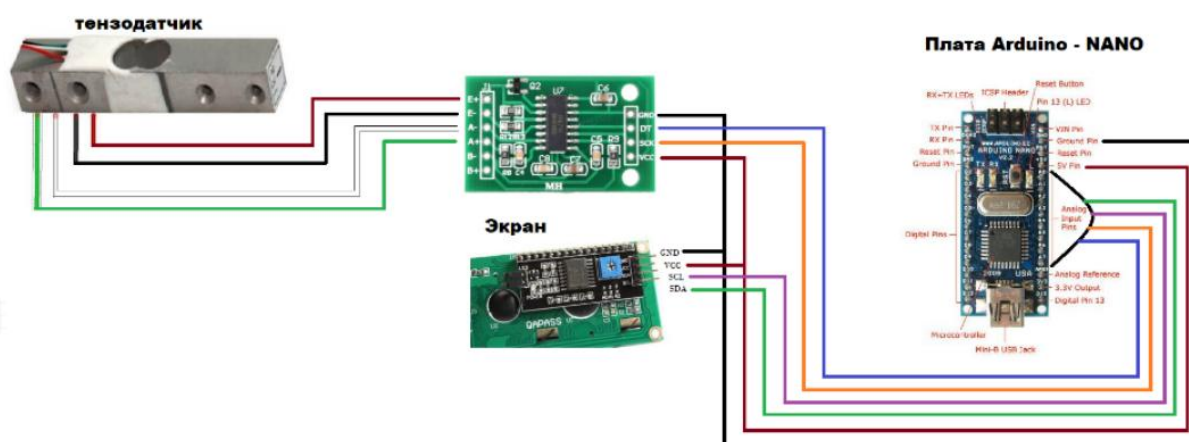


Рисунок 4 – Схема лабораторной установки подключения тензодатчика HX711 к Arduino

На схеме рисунка 4 датчик веса – это тензодатчик до 5 кг YZC131, Arduino-модуль на основе платы Arduino-NANO [3]. Через контроллер Arduino-NANO можно подключить к жидкокристаллическому экрану или компьютеру.

Поскольку на выходе тензодатчика изменяется напряжение, то именно оно преобразуется в бинарный код. Диапазон контролируемых напряжений зависит от выбранного коэффициента усиления. Если коэффициент равен 128, диапазон измеряемых напряжений варьируется от – 20 мВ до + 20 мВ, выбор коэффициента усиления 64 определяет пределы измерения от – 40 мВ до + 40 мВ и

при коэффициенте равном 32 пределы измерения определяются величинами – 80 мВ и + 80 мВ. Эти данные будут корректными только при напряжении питания +5 В. Если входное напряжение выйдет за нижнюю границу диапазона, АЦП выдаст код 800000h, а если за верхнюю, то код будет 7FFFFFFh. Перед использованием тензодатчика его необходимо откалибровать.

Таким образом предложено техническое решение на доступной элементной базе Российских производителей [2, 4], позволяющее контролировать вес перемещаемой горной массы посредством карьерных экскаваторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тензодатчик: принцип работы, устройство, типы, схемы подключения. [Электронный ресурс] URL: <https://www.asutpp.ru/tenzodatchik.html> (обращение 30.10.2022).
2. Тензо-М. Ведущий разработчик и

- производитель весоизмерительной техники в России. [Электронный ресурс] URL: <https://www.tenso-m.ru/> (обращение 30.10.2022).
3. Подключение тензодатчика HX711 к