Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Работа выполнена в СКБ «Промышленная робототехника и электроника»

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС

_____ Е.М. Димитриади
(подпись)
«19» 06 2026 г.

Декан ФЭУ

_____ А.С. Гудим
(подпись)
«19» 06 2026 г.

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной работе, д-р техн. наук, профессор

_____ А.В. Космынин
(подпись)
«19» 06 2026 г.

«Разработка системы обработки сигналов энкодера для электрического двигателя»

Комплект конструкторской документации

Руководитель СКБ _____ 15.06.26 _____ С.И. Сухоруков
(подпись, дата)

Руководитель проекта _____ 15.06.26 _____ Н.Н. Любушкина
(подпись, дата)

Комсомольск-на-Амуре 2026

Карточка проекта

Название	Разработка системы обработки сигналов энкодера для электрического двигателя
Тип проекта	техническое творчество (инициативный)
Исполнители	Студент _____ И.Е. Бахтин – 5ПЭб-1
Срок реализации	01.10.2025 - 11.06.2026

Использованные материалы и компоненты

Наименование	Количество, шт.
инкрементальный энкодер RCC30S4-E2	1
Комплект резисторов 13 КОм	1
Комплект резисторов 2 КОМ	1
Разъем USB type A	1
Макетная плата	1
Плата Arduino UNO	1

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

ЗАДАНИЕ
на разработку

Название проекта: Разработка системы обработки сигналов энкодера для электрического двигателя.

Назначение: Система обработки сигналов для инкрементального энкодера необходима для определения угла поворота вала электрического двигателя.

Область использования: Системы управления электрическим приводом.

Функциональное описание проекта: разрабатываемая система обеспечивает подсчет количества электрических импульсов, подаваемых энкодером и осуществляет расчет угла положения вала электрического двигателя.

Техническое описание устройства: Устройство состоит из инкрементального энкодера и подключенной к нему электрической платы, включающей аппаратную управляющую платформу и делитель напряжения.

Требования: Делитель напряжения должен обеспечивать преобразование постоянного напряжения входного сигнала с +24 V до + 5V, управляющая платформа должна обеспечивать подсчет импульсов и расчет угла положения вала на основе числа импульсов.

План работ:

Наименование работ	Срок
Поиск документации на инкрементальный энкодер RCC30S4-E2	01.09.2025 - 31.10.2025
Расчет и изготовление делителя напряжения на макетной плате	01.11.2025 - 31.12.2025
Сопряжение макетной платы с аппаратной управляющей платформой Arduino UNO	01.01.2026 - 28.02.2026
Программирование микроконтроллера ATmega 328p	01.03.2026 - 30.04.2026
Разработка и изготовление корпуса для системы обработки сигналов с энкодера	01.05.2026 - 10.06.2026
Тестирование устройства	01.09.2025 - 31.10.2025

Комментарии:

Перечень графического материала:

1. Принципиальная схема подключения инкрементального энкодера;
2. Электрическая схема делителя напряжения;
3. Фото - внешний вид изделия;

Руководитель проекта _____ 15.09.25 Н.Н. Любушкина

(подпись, дата)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

ПАСПОРТ

«Система обработки сигналов энкодера для электрического двигателя»

Руководитель проекта 15.06.2026 Н.Н. Любушкина
(подпись, дата)

Исполнители проекта 18.06.2026 И.Е. Бахтин
(подпись, дата)

Комсомольск-на-Амуре 2026

Содержание

1 Общие положения 7

1.1 Наименование изделия 7

1.2 Наименования документов, на основании которых ведется проектирование изделия 7

1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке изделия 7

1.4 Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах 8

2 Назначение и принцип действия 9

2.1 Назначение изделия 9

2.2 Области использования изделия 9

2.3 Принцип действия изделия 9

3 Состав изделия и комплектность 11

4 Технические характеристики 12

4.1 Основные технические характеристики блока «Система обработки сигналов энкодера для электрического двигателя в корпусе» 12

5 Устройство и описание работы изделия 13

5.1 Устройство изделия 13

6 Условия эксплуатации 15

6.1 Правила и особенности размещения изделия 15

6.2 Меры безопасности 15

6.3 Правила хранения и транспортирования 16

ПРИЛОЖЕНИЕ А 17

ПРИЛОЖЕНИЕ Б 19

1 Общие положения

Настоящий паспорт является документом, предназначенным для ознакомления с основными техническими характеристиками, устройством, правилами установки и эксплуатации устройства «Система обработки сигналов энкодера для электрического двигателя» (далее «изделие»).

Паспорт входит в комплект поставки изделия. Прежде, чем пользоваться изделием, внимательно изучите правила обращения и порядок работы с ним. В связи с постоянной работой по усовершенствованию изделия, повышающей его надежность и улучшающей условия эксплуатации, в конструкцию могут быть внесены изменения, не отраженные в данном издании.

1.1 Наименование изделия

Полное наименование изделия – «Система обработки сигналов энкодера для электрического двигателя».

1.2 Наименования документов, на основании которых ведется проектирование изделия

Проектирвание «Системы обработки сигналов энкодера для электрического двигателя» осуществляется на основании требований и положений следующих документов:

- задание на разработку.

1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке изделия

Заказчиком проекта «Система обработки сигналов энкодера для электрического двигателя» является Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (далее заказчик), находящийся по адресу: 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, Ленина пр-кт., д. 17.

Исполнителями проекта «Система обработки сигналов энкодера для электрического двигателя» является Конструктор студенческого

конструкторского бюро «Промышленная робототехника и электроника» (далее СКБ), студент группы 5ПЭб-1, Бахтин Илья Евгеньевич

1.4 Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах

При проектировании использованы следующие нормативно-технические документы:

ГОСТ 2.001-2013. Единая система конструкторской документации. Общие положения.

ГОСТ 2.102-2013. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов.

ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

ГОСТ 2.610-2006. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов.

ГОСТ 2.004-88. Единая система конструкторской документации. Общие требования к выполнению конструкторских технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.

ГОСТ 2.051-2006. Единая система конструкторской документации. Электронные документы. Общие положения.

ГОСТ 2.052-2006. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения.

ГОСТ 2.601-2013. Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы.

2 Назначение и принцип действия

2.1 Назначение изделия

Система обработки сигналов энкодера для электрического двигателя необходима для определения угла поворота вала электрического двигателя

В состав изделия входят: инкрементальный энкодер RCC30S4-E2, делитель напряжения, аппаратная управляющая платформа Arduino UNO, пластиковый корпус

2.2 Области использования изделия

Изделие может применяться в рамках лабораторных практикумов по дисциплинам:

Электрический привод: студенты собирают замкнутые контуры управления (например, контур скорости или положения для двигателя постоянного тока). Энкодер выступает в роли датчика обратной связи, передавая данные на контроллер.

Микропроцессорная техника: на энкодерах студенты учатся работать с аппаратными прерываниями, таймерами-счетчиками микроконтроллеров (Arduino, STM32, AVR) и программировать ПЛК.

2.3 Принцип действия изделия

Система обработки сигналов с инкрементального энкодера электрического двигателя — это комплекс аппаратных и программных средств, задача которого превратить сырые электрические импульсы в необходимые физические величины (угол поворота, скорость, направление), понятные системе управления.

Сигнал поступает в модуль квадратурного декодирования (QEI), который анализирует фазовый сдвиг между каналами A и B для задания направления счета и фиксирует фронты обоих каналов (режим x4) для умножения разрешения. Импульс канала Z обеспечивает аппаратную фиксацию механического нуля. На уровне микроконтроллера счет импульсов масштабируется в значение позиции. Скорость вычисляется частотным

методом (подсчет импульсов за интервал), периодным методом (измерение времени между фронтами). Итоговые данные об угле и скорости передаются в алгоритмы векторного управления (преобразование Парка) и каскады ПИД-регуляторов.

3 Состав изделия и комплектность

В комплект поставки входит:

- Система обработки сигналов энкодера для электрического двигателя в корпусе;
- Паспорт.

4 Технические характеристики

4.1 Основные технические характеристики блока «Система обработки сигналов энкодера для электрического двигателя в корпусе»

Основные технические характеристики «Системы обработки сигналов энкодера для электрического двигателя в корпусе» приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики блока «Система обработки сигналов энкодера для электрического двигателя в корпусе»

Наименование параметра	Значение
Тип энкодера	Инкрементальный
Диаметр корпуса энкодера	30 мм
Тип вала	Выступающий вал
Диаметр вала	4 мм
Подключение	Пылезащитный основной кабель
Питание	8-26 В постоянного тока
Тип выхода	По напряжению
Разрешение	500 импульсов на оборот
Выходная фаза	A, B
Индексный сигнал	Z
Интерфейсы	USB type B
Габариты корпуса системы обработки сигналов	120x60x25 мм
Масса нетто	0.23 кг

5 Устройство и описание работы изделия

5.1 Устройство изделия

Изделие состоит из инкрементального энкодера подающего при вращении вала прямоугольные электрические импульсы величиной 24 V, делителя напряжения обеспечивающего преобразование входного напряжения до 5V. Управляющая программа заложенная в микроконтроллере платы Arduino UNO по трем информационным линиям (A, B, Z) определяет направление вращения вала, по количеству импульсов вычисляет угол поворота вала двигателя, после чего устройство выдает рассчитанные значения в терминал через COM-порт.

Принципиальная схема подключения инкрементального энкодера представлена на рисунке 1.

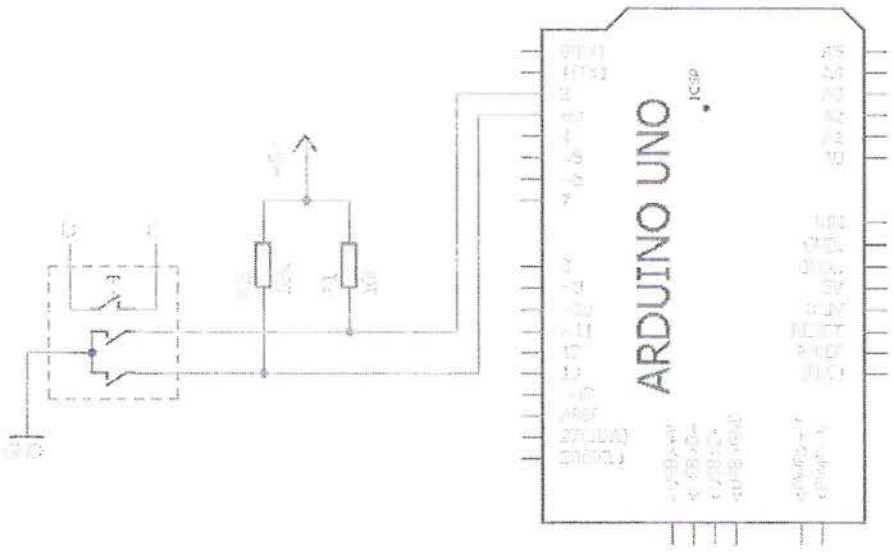


Рисунок 1 – Принципиальная схема подключения инкрементального энкодера

Электрическая схема делителя напряжения представлена на рисунке 2.

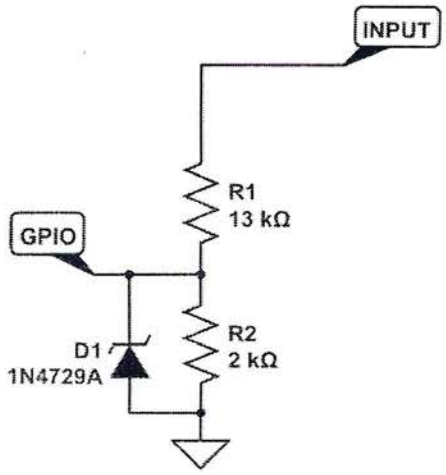


Рисунок 2 – Электрическая схема делителя напряжения

5.2 Описание работы изделия

Техническая документация на инкрементальный энкодер RCC30S4-E2 представлена в приложении А (рисунки 3, 4). Внешний вид устройств: делителя напряжения и системы обработки сигналов энкодера представлены в приложении Б (рисунки 5 и 6, соответственно).

Перед началом монтажных работ необходимо отключить питание двигателя и контроллера. Вал инкрементального энкодера соедините с валом электрического двигателя посредством компенсационной (гибкой) муфты (приобретается отдельно) - она компенсирует несоосность вала двигателя и вала энкодера, защищая подшипники энкодера от разрушения. Далее закрепите корпус энкодера с помощью крепежного фланца или кронштейна, чтобы предотвратить его проворачивание вокруг своей оси. Подключите инкрементальный энкодер к системе обработки сигналов, а управляющую платформу Arduino UNO к персональному компьютеру (последовательный COM-порт). Запустите программу Arduino, выберите платформу Arduino Uno перейдя по вкладкам Инструменты -> Плата -> Arduino UNO, выберите дейтсвующий COM-порт и откройте монитор порта. Запустите электричекий двигатель. При этом на временном графике будут показаны данные об изменении угла поворота вала двигателя.

6 Условия эксплуатации

Изделие выпускается в климатическом исполнении УХЛ 4.2 по ГОСТ 15150-69 и предназначен для использования в стационарных условиях в закрытых помещениях при соответствующих климатических условиях:

- интервал температур от +10 до +35 °С;
- относительная влажность воздуха до 80 % при температуре +25 °С;
- высота над уровнем моря не более 2000 м;
- атмосферное давление от 86,6 до 106 кПа (от 650 до 800 мм рт. ст.).

В помещении, где используется изделие не должно возникать условий для конденсации влаги (выпадения росы). Изделие является электронным прибором, требующим бережного обращения.

Для обеспечения безотказной работы, сохранения точности и его сбережения необходимо соблюдать следующие правила:

- изучить паспорт, прежде чем приступить к работе с изделием;
- предохранять изделие от ударов и повреждений;
- не допускать самостоятельную разборку изделия.

6.1 Правила и особенности размещения изделия

Изделие должно быть расположено на расстоянии не менее 1 м от нагревательных приборов.

ВНИМАНИЕ! При эксплуатации изделия запрещается проводить самостоятельно какие-то либо работы по извлечению и установке внутренних компонентов изделия.

6.2 Меры безопасности

Необходимо соблюдать требования техники безопасности и следующие меры предосторожности:

- не оставлять изделие включенным без наблюдения;
- после транспортировки в холодное время года изделие необходимо выдержать при комнатной температуре не менее двух часов;

– внутренние осмотры и ремонт изделия должны производиться только квалифицированными специалистами;

6.3 Правила хранения и транспортирования

Транспортирование изделия в упакованном виде может производиться железнодорожным, автомобильным (в закрытых транспортных средствах), воздушным, речным и морским видами транспорта в соответствии с правилами перевозок грузов, действующих на транспорт данного вида. Условия транспортирования изделия по части воздействия климатических факторов должны соответствовать группе 5 по ГОСТ 15150.

После транспортирования изделие должно быть выдержано не менее 2 часов в транспортной таре при температуре 20±5 °С и относительной влажности воздуха не более 80 %.

Распакованное изделие должно храниться в отапливаемом и вентилируемом чистом помещении при температуре от +5 до +40 °С и относительной влажности воздуха не более 60 %. При температуре ниже 25 °С допускается увеличение относительной влажности до 80 %. Воздух в помещении не должен содержать примесей, вызывающих коррозию металлов, налеты на поверхностях оптических деталей.

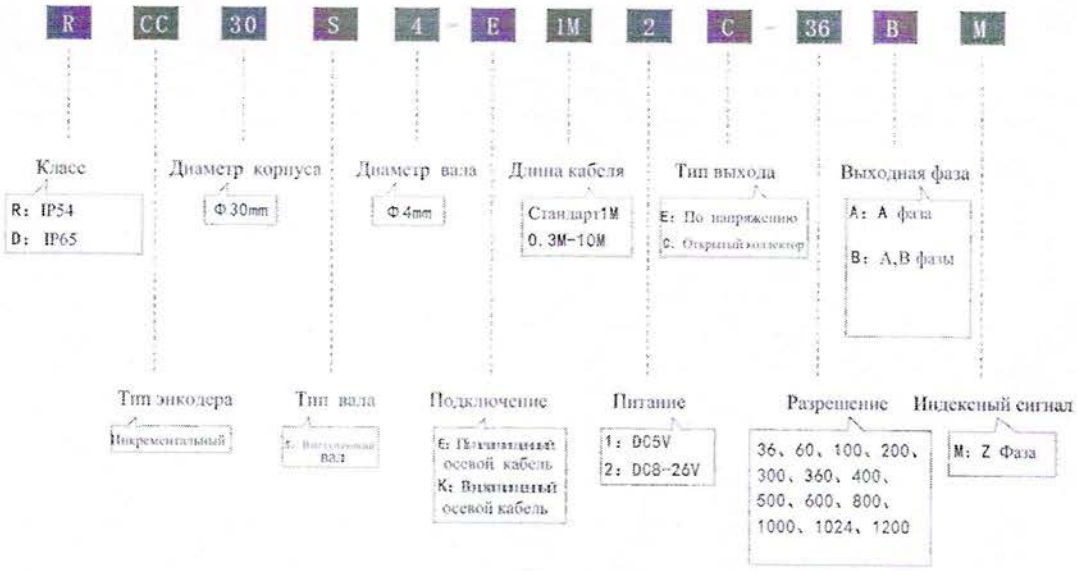
ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Назначение

RCC30S широко используется в автоматическом управлении, автоматических измерениях, в качестве датчиков измерения угла поворота и скорости вращения. Небольшой размер, легкий вес, отличные характеристики, подходит для небольшого пространства. Компактный размер, разрешение до 1200 импульсов.

Код заказа

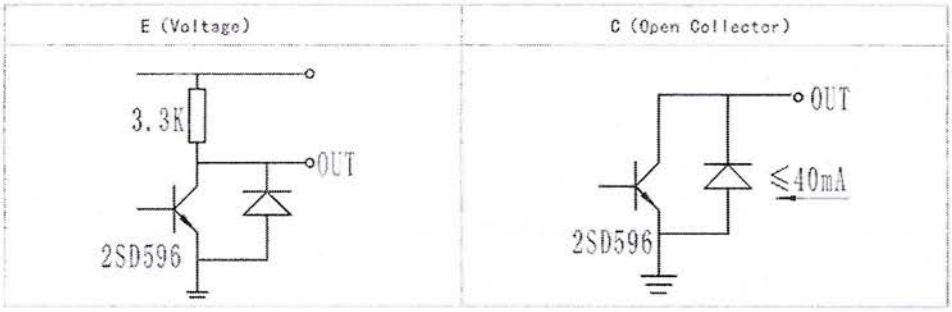


Электрические характеристики

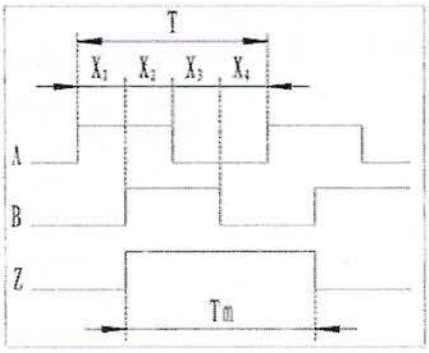
Тип выхода	Питание DC (V)	Ток нагрузки (mA)	Вых. напряжение (V) V_H	Вых. напряжение (V) V_L	Время отклика (ns)	Время отклика (ns)	Частота срабатывания (kHz)
E: По напряжению	5±0.25	≤80	>3.5	≤0.7	≤500	≤100	0-300
	8-26	≤120	>VCC-2.5	≤0.7	≤500	≤100	0-300
C: Открытый коллектор	5±0.25	≤60	>VCC-2.5	≤0.7	≤500	≤100	0-300
	8-26						

Рисунок 3 – Техническая документация на энкодер RCC30S4-E2 (стр. 1)

Схема выхода



Выходные сигналы



На рисунке показана форма сигнала по часовой стрелке (CW) со стороны вала

Отношение волн X1+X2=0.5T±0.1T

X2+X3=0.5T±0.1T

Отличие фаз : Xn≥0.125T (n=1, 2, 3, 4)

Угловая ошибка: ≤0.2T

Ошибка цикла : ≤0.05T

T=360° / N (N=Количество линий за оборот)

1、Tm=1T±0.5T

Tm=nT±0.1T (n≥2)

Соотношение фаз сигнала Z и сигналов A,B не оговаривается.

2、Tm=0.5T±0.25T

Tm=0.25T±0.125T

Tm=0.25T±0.125T

Механические характеристики

Макс. скорость вращения (об/мин)	Крутящий момент (N. M)	Макс. нагрузка (N)		Инерция вращения ($кг/м^2$)	Вес (кг)
		Радиальная	Осевая		
6000	$1*10^{-3}$	15	10	$5*10^{-6}$	≈0.09

Рисунок 3 – Техническая документация на энкодер RCC30S4-E2 (стр. 2)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

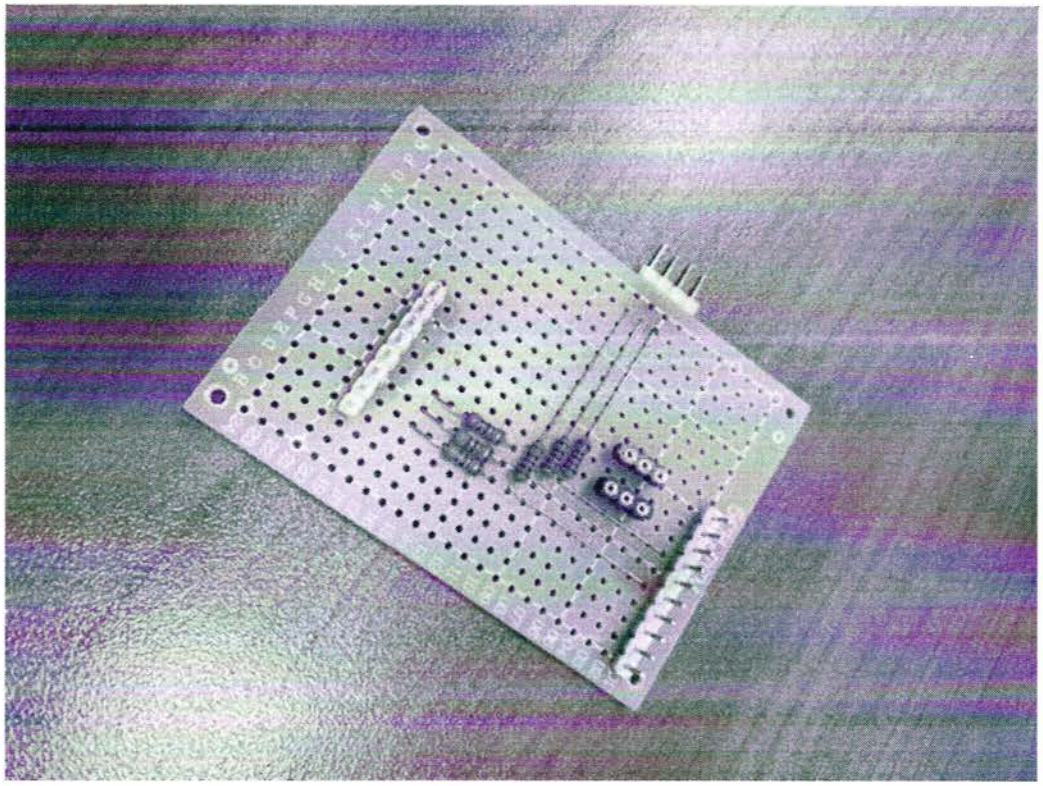


Рисунок 5 – Внешний вид делителя напряжения

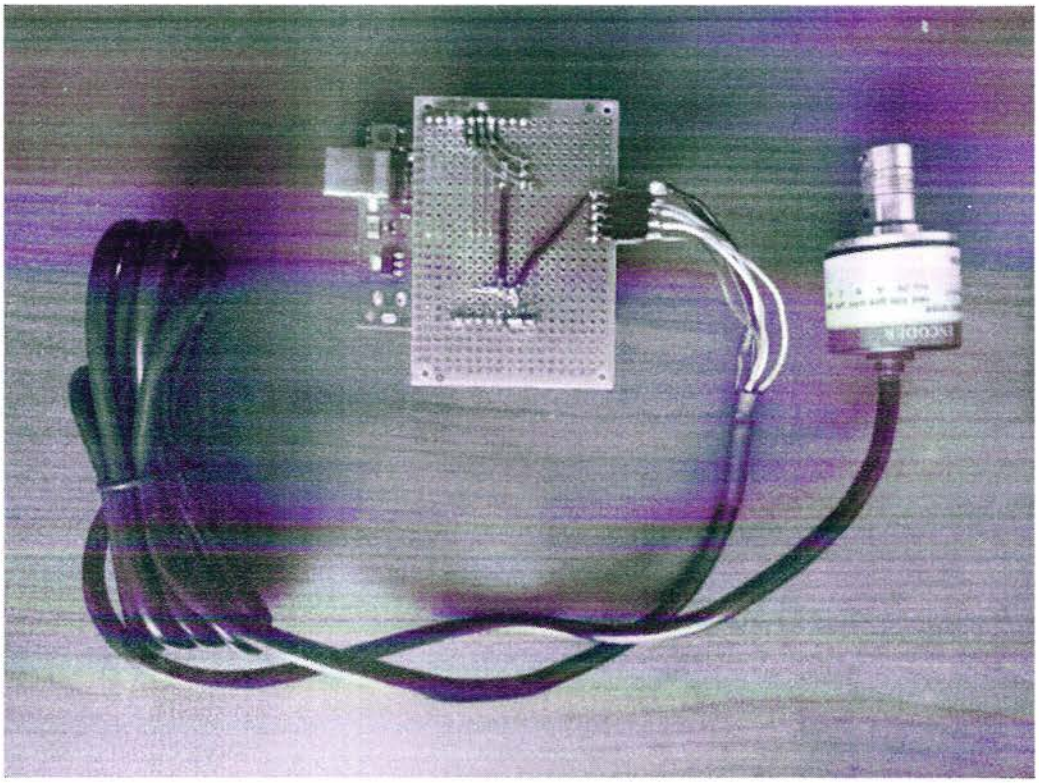


Рисунок 6 – Внешний вид системы обработки сигналов энкодера

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС

_____ Е.М. Димитриади
(подпись)
«19» 06 2026 г.

Декан ФЭУ

_____ А.С. Гудим
(подпись)
«19» 06 2026 г.

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной работе, д-р техн. наук. профессор

_____ А.В. Космынин
(подпись)
«19» 06 2026 г.

АКТ
о приемке в эксплуатацию проекта «Разработка системы обработки сигналов энкодера для электрического двигателя»

г. Комсомольск-на-Амуре «19» 06 2026 г.

Комиссия в составе представителей:

со стороны заказчика

- С.И. Сухоруков – руководитель СКБ,
- А.С. Гудим – декан ФЭУ

со стороны исполнителя

- Н.Н. Любушкина – руководителя проекта,
- И.Е. Бахтин – 5ПЭб-1

составила акт о нижеследующем:

«Исполнитель» передает проект «Система обработки сигналов энкодера для электрического двигателя», в составе:

1. Система обработки сигналов энкодера для электрического двигателя в корпусе

2. Паспорт устройства

Руководитель проекта _____ 15.06.26 Н.Н. Любушкина
(подпись, дата)

Исполнители проекта _____ 18.06.2026 И.Е. Бахтин
(подпись, дата)