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

Проректор по науке и инновационной работе, д-р техн. наук. профессор

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

Контроллер управления коллекторным и бесколлекторным двигателями постоянного тока для моделей судов

Комплект конструкторской документации

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

Руководитель проекта _____ 15.06.26 С.М. Копытов
(подпись, дата)

Исполнитель проекта _____ 04.05.2026 Г.А. Локтионов
(подпись, дата)

Комсомольск-на-Амуре 2026

Карточка проекта

Название	Контроллер управления коллекторным и бесколлекторным двигателями постоянного тока для моделей судов
Тип проекта	Учебный проект
Исполнители	Студент Г.А. Локтионов – 4ПЭм-1
Срок реализации	02.2026 – 06. 2026

Использованные материалы и компоненты

Наименование	**Количество, шт**
Arduino Nano	1
Силовой драйвер на основе двух параллельно соединенных МОП транзисторов AOD4184	1
Силовой драйвер для управления бесколлекторным двигателем	1
СП-3-А-10 кОм ± 10 %	2
КД103	1
Аккумуляторная батарея Li-ion 3,7 В, 5000 мАч формата 26650	2
Микропереключатель SS12F21G7-G	1
Кнопка	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: Контроллер управления коллекторным и бесколлекторным двигателями постоянного тока для моделей судов

Назначение: Контроллер предназначен для управления скоростью вращения коллекторного и бесколлекторного двигателей постоянного тока, а также обеспечения требуемого алгоритма их работы во времени.

Область использования: Контроллер должен использоваться на моделях судов при проведении соревнований.

Функциональное описание проекта: Контроллер должен осуществлять управление как коллекторным, так и бесколлекторным двигателем постоянного тока, которые могут использоваться на модели судна. Он обеспечивает алгоритм работы используемого двигателя в соответствии с правилами проведения соревнований. Необходимо реализовать плавный разгон двигателя, его стабильную работу в задаваемом оператором диапазоне времени от 4 до 20 секунд, обеспечить возможность регулировки максимальной скорости вращения.

Техническое описание устройства: Контроллер должен содержать управляющий микроконтроллер, элементы ввода скорости и времени работы двигателя, драйверы для коллекторного и бесколлекторного двигателей постоянного тока.

Требования: Устройство должно соответствовать техническому заданию, быть безопасным, надежным.

План работ:

Наименование работ	Срок
Разработать структурную схему	03.2025
Определить список комплектующих	03.2025
Разработать программу для микроконтроллера	04.2025
Собрать макет	05.2025
Составить паспорт	05.2025
Провести испытания и демонтрацию готового изделия	06.2025

Комментарии:

Перечень графического материала:

1. Структурная электрическая схема.
2. Принципиальная схема.
3. Программа работы микроконтроллера.
4. Внешний вид прототипа

Руководитель проекта С.Копытов 01.02.2025 С.М. Копытов

(подпись, дата)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

ПАСПОРТ

«Контроллер управления коллекторным и бесколлекторным двигателями постоянного тока для моделей судов»

Руководитель проекта _____ 04.05.2026 С.М. Копытов
(подпись, дата)

Исполнители проекта _____ 04.05.2026 Г.А. Локтионов
(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 системы 7
1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке системы 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 9
3 Состав изделия и комплектность 10
4 Технические характеристики 10
5 Устройство и описание работы изделия 12
5.1 Устройство изделия 12
5.2 Описание работы изделия 17
6 Условия эксплуатации 18
6.1 Правила и особенности размещения изделия 18
6.2 Меры безопасности 19
6.3 Правила хранения и транспортирования 19
ПРИЛОЖЕНИЕ А 20
ПРИЛОЖЕНИЕ Б 22
ПРИЛОЖЕНИЕ В 24

1 Общие положения

Настоящий паспорт является документом, предназначенным для ознакомления с основными техническими характеристиками, устройством, правилами установки и эксплуатации устройства «Контроллер управления коллекторным и бесколлекторным двигателями постоянного тока для моделей судов» (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 системы – «Контроллер управления коллекторным и бесколлекторным двигателями постоянного тока для моделей судов» (КУКБДПТМС).

1.2 Наименования документов, на основании которых ведется проектирование системы

Создание КУКБДПТМС осуществляется на основании требований и положений следующих документов:

- задание на разработку.

1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке системы

Заказчиком создания КУКБДПТМС 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. 27.

Исполнителем работ по созданию КУКБДПТМС является студент группы 4ПЭм-1 Г.А. Локтионов.

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

КУКБДПТМС предназначен для управления скоростью вращения коллекторного и бесколлекторного двигателей постоянного тока, а также обеспечения требуемого алгоритма их работы во времени.

2.2 Области использования изделия

Использоваться на моделях судов при проведении соревнований.

2.3 Принцип действия

Принципы управления коллекторным и бесколлектороным двигателями отличаются. Для управления коллекторным двигателем используется ШИМ тока питания с помощью транзисторного ключа. Поскольку бесколлектроный двигатель имеет более сложный алгоритм управления, то он используется совместно со специализированным силовым драйвером, содержащим встроенный микроконтроллер. Изделие непосредственно взаимодействует с этим встроенным контроллером посредством специализированного ШИМ интерфейса.

3 Состав изделия и комплектность

В комплект поставки входит:

- контроллер управления;
- 2 аккумуляторные батареи Li-ion 3,7 В, 5000 мАч формата 26650;
- программное обеспечение для контроллера Arduino Nano;
- паспорт.

4 Технические характеристики

Основные технические характеристики приведены в таблице 1.

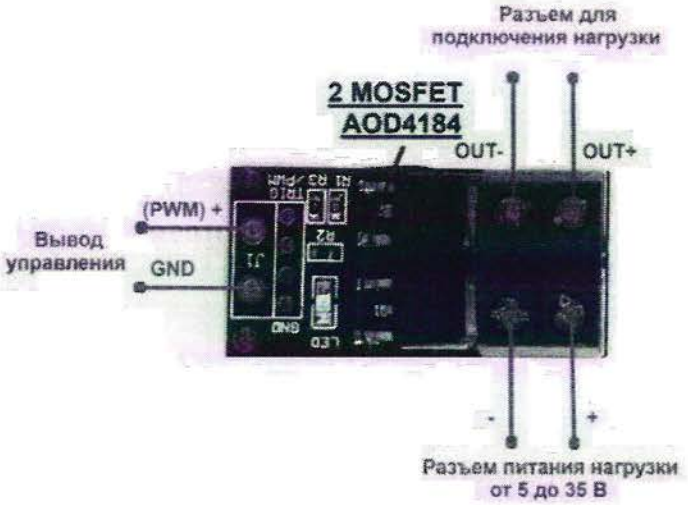
Таблица 1 – Технические характеристики

Наименование параметра	Значение
Тип двигателей	коллекторные и бесколлектроные двигатели постоянного тока
Возможность регулировки максимальной частоты вращения	0…100 %
Плавный разгон	имеется
Регулировка времени работы	4…20 с

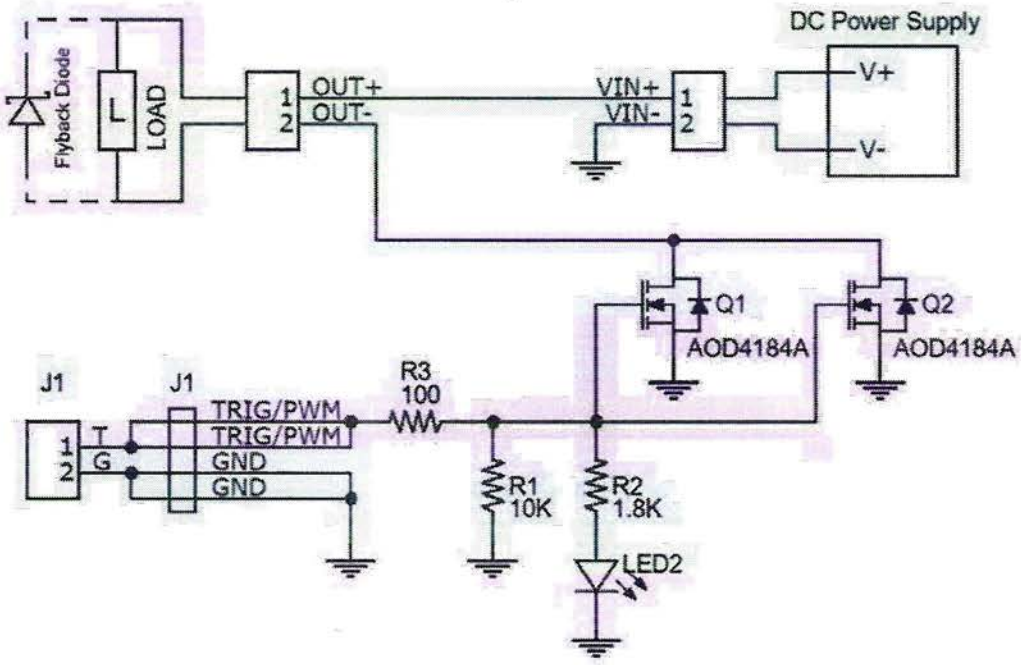
5 Устройство и описание работы изделия

5.1 Устройство изделия

Для изменения частоты вращения коллекторного ДПТ в устройстве использован силовой драйвер на основе двух параллельно соединенных МОП транзисторов AOD4184 (рисунок 1) [https://robotchip.ru/obzor-drayvera-s-paroy-mosfet-na-aod4184/].



а)



б)

Рисунок 1 – Силовой драйвер на основе МОП транзисторов AOD4184:

а – внешний вид, б – схема

Технические параметры драйвера:

► Транзисторы: AOD4184;

► Управляющее напряжение: 3.3…20 В;

► Напряжение для управляемых устройств: 36 В;

► Максимальный ток для управляемых устройств: 15 А;

► Размеры: 34 х 17 х 12 мм;

► Масса: 6 г.

Для изменения частоты вращения бесколлекторного ДПТ в устройстве использован силовой драйвер XXD HW30A 30A (рисунок 2) [2]. Схема драйвера приведена в источнике https://github.com/NicksonYap/XXD-HW30A-ESC-Schematic?tab=readme-ov-file

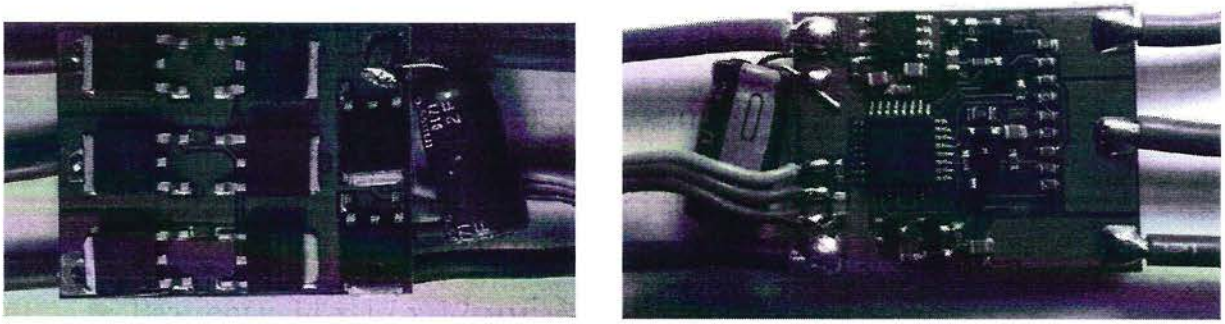


Рисунок 2 – Силовой драйвер XXD HW30A 30A для бесколлекторного ДПТ

Технические параметры драйвера:

- выходы с низким сопротивление в открытом состоянии,

- регулируемое ограничение максимального тока,

- защита от перегрузки,

- температурная защита от перегрева,

- защита от замыкания выхода драйвера на землю или на от короткого замыкания на выходе,

- простой интерфейс для управления шагами и направлением вращения,

- поддерживаемое входное напряжение: 6…12В.

В качестве контроллера использован контроллер Arduimo Nano на основе микроконтроллера ATmega328 (рисунок 3). Разводка разъемов контроллера приведена на рисунке 4.

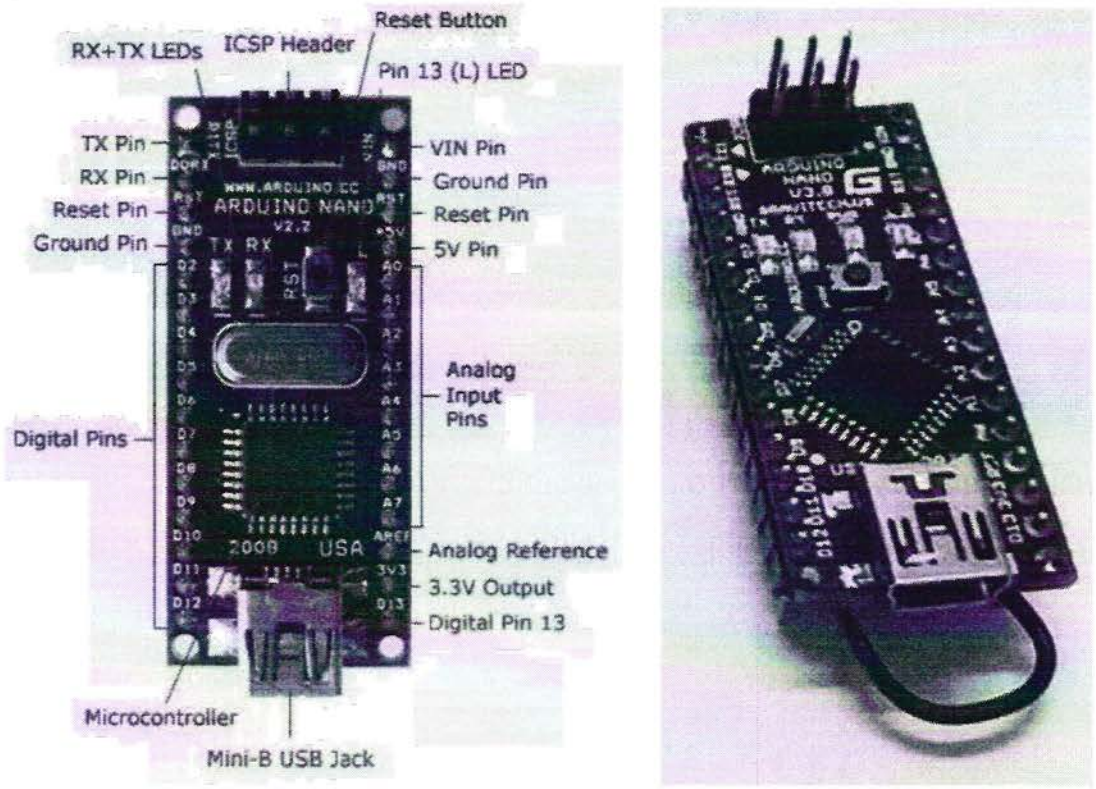


Рисунок 3 – Внешний вид контроллера Arduimo Nano

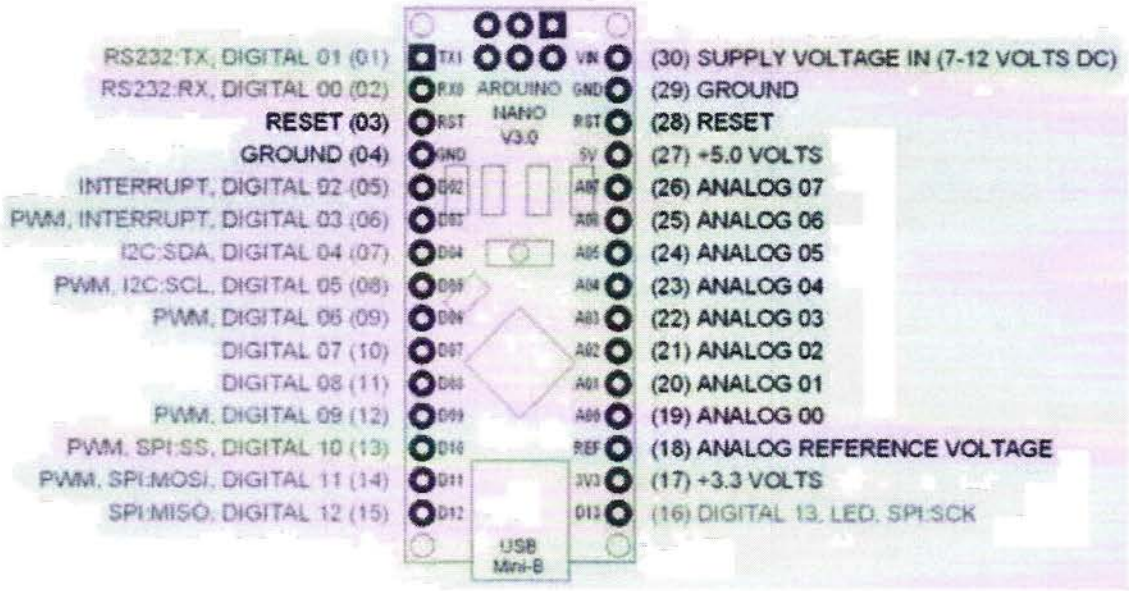


Рисунок 4 - Разводка разъемов контроллера Arduimo Nano

Технические параметры Arduino Nano:

Напряжение питания 5В;

Количество цифровых выводов – 14, из них 6 могут использоваться в качестве выходов ШИМ;

8 аналоговых входов;

Флэш- память 32 Кб;

ОЗУ 2 Кб;

EEPROM 1 Кб;

Частота 16 МГц;

Размеры 19 х 42 мм;

Вес 7 г.

Описание выводов Arduino Nano:

Цифровые входы/выходы: D0 - D13.

Аналоговые входы/выходы: A0 - A7 (10-разрядный АЦП).

ШИМ: выводы 3, 5, 6, 9, 10, 11.

UART : D0 и D1 (TX и RX соответственно).

I2C: SDA – A4, SCL -A5.

SPI: MOSI – 11, MISO – 12, SCK – 13, SS(10).

Структурная схема изделия представлена на рисунке 5. Принципиальная схема КУКБДПТМС приведена в Приложении А. В таблице А1 приведен перечень элементов изделия.

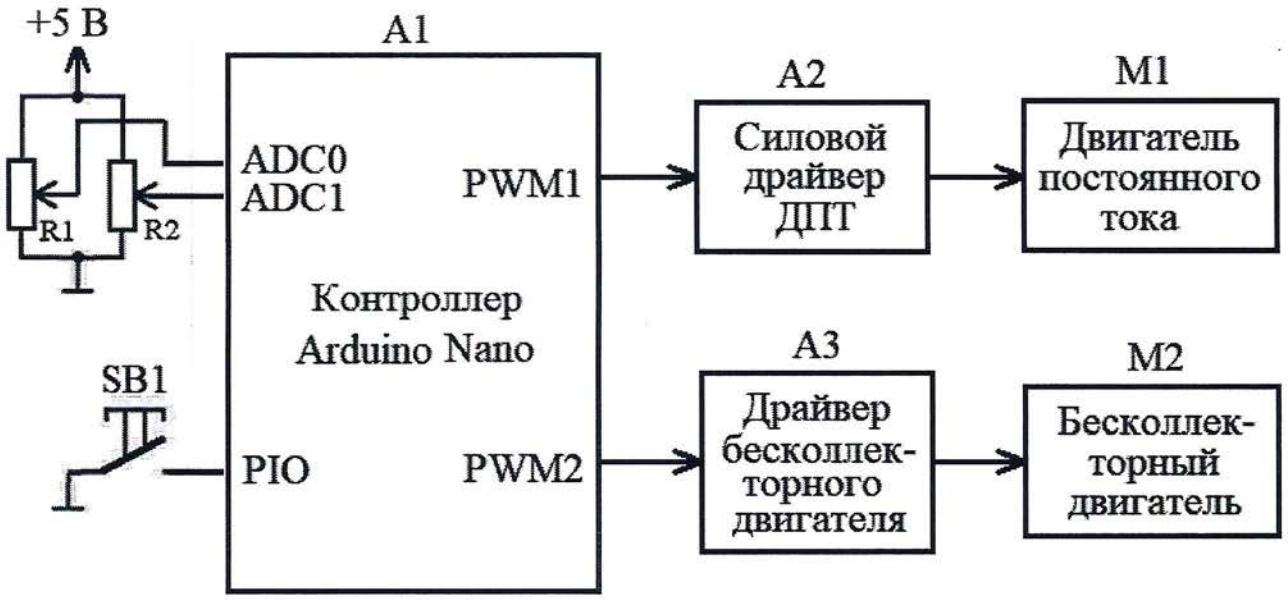


Рисунок 5 – Структурная схема изделия

В качестве управляющего контроллера использован миниатюрный экономичный контроллер Arduino Nano A1. Питание устройства осуществляется от аккумуляторной батареи GB1. Ее напряжение одновременно подается на два силовых драйвера: драйвер A2 для управления работой коллекторного двигателя M1 и драйвер A3 для управления работой бесколлекторного двигателя M2. Драйвер A3 имеет выход стабилизированного напряжения +5В, которое используется для питания управляющего контроллера A1 и подается на потенциометры R1 и R2. Микроконтроллер ATmega328, используемый в контроллере Arduino Nano, имеет встроенный АЦП с мультиплексором на входе. Поэтому для задания временного интервала работы двигателей и максимальной частоты вращения применены потенциометры R1 и R2.

Драйвер A2 представляет собой электронный ключ на основе двух параллельно соединенных МОП транзисторов AOD4184 с индуцируемым каналом n-типа [1]. Двигатель M1 подключается к цепи стока ключа. Открытием транзисторов управляет ШИМ сигнал порта D3 контроллера.

Драйвер A3 специализирован для управления бесколлекторным двигателем и имеет встроенный микроконтроллер. С помощью входа PWM драй-

вер должен быть инициализирован после подачи питания. При дальнейшей работе на данной вход требуется подавать управляющий ШИМ сигнал с определенными параметрами [2].

Кнопка без фиксации SB1 предназначена для запуска вращения двигателей. Подтягивающий к высокому уровню резистор не установлен, поскольку использован встроенный в микроконтроллер резистор Pull Up.

5.2 Описание работы изделия

В приложении Б приведена программа для контроллера Arduino Nano с подробными комментариями.

После подачи питания микроконтроллер производит однократную калибровку драйвера бесколлекторного двигателя. Затем начинается бесконечный цикл, в котором микроконтроллер ожидает нажатия кнопки SB1. Периодически он считывает напряжения с потенциометров R1 и R2. Поэтому в любой момент можно установить максимальную частоту вращения двигателей и время их работы.

После нажатия на кнопку начинается плавный разгон двигателей. Время разгона зависит от установленной максимальной частоты вращения. После выхода на максимальное значение частоты двигатели работают заданное время, затем происходит их остановка и переход в режим ожидания и опроса потенциометров.

Внешний вид прототипа КУКБДПТМС представлен в Приложении В.

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 0,5 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;
- не устанавливайте изделие на неустойчивой подставке, стойке или ненадежном кронштейне.

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)

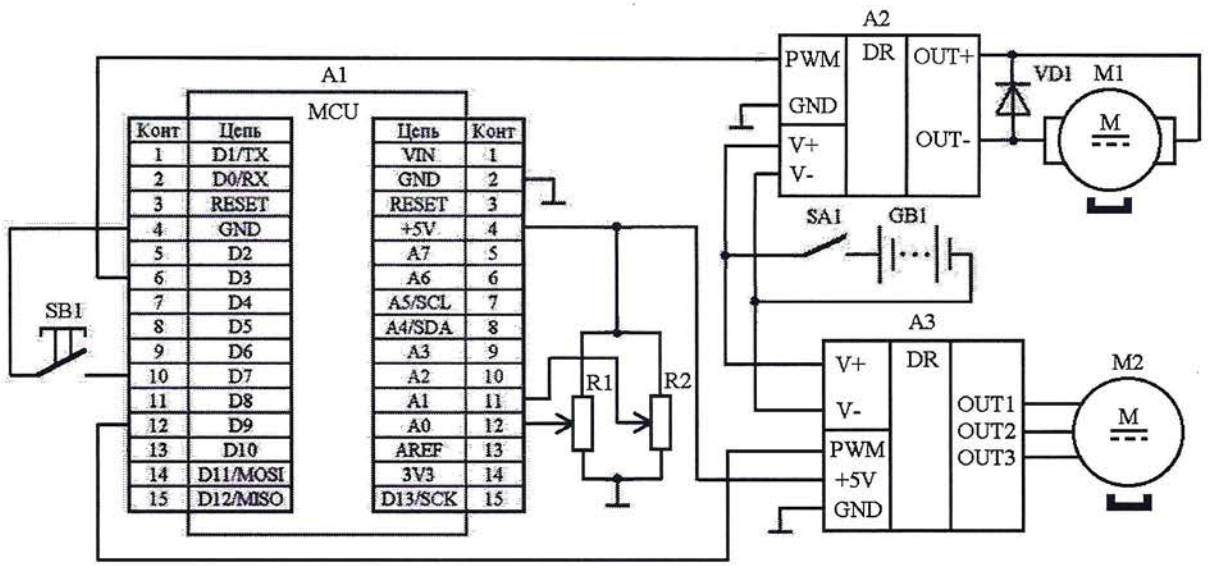


Рисунок А1 - Принципиальная схема КУКБДПТМС

Таблица А1 – перечень элементов

Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Примечание
	Модули		
A1	Arduino Nano	1	
A2	Силовой драйвер на основе двух параллельно соединенных МОП транзисторов AOD4184	1	
A3	Силовой драйвер для управления бесколлекторным двигателем	1	
	Резисторы		
R1, R2	СП-3-А-10 кОм ± 10 %	2	
	Диоды		
VD1	КД103	1	
	Источники питания		
GB1	Аккумуляторная батарея Li-ion 3,7 В, 5000 мАч формата 26650	2	
	Переключатели		
SA1	Микропереключатель SS12F21G7-G	1	
SB1	Кнопка	1	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Листинг управляющей программы

```
#include <Servo.h>                          // подключение библиотеки Servo.h
Servo motor;                                // создание объекта
int mot_pin = 9;                            // номер порта с ШИМ для БК двигателя
int max_pwm = 2300;                         // максимальное значение ШИМ 2.3 мс
int min_pwm = 800;                          // минимальное значение ШИМ 0.8 мс
int count_speed_BK = 0;                     // текущая скорость БК двигателя
int acp_speed_BK;                           // заданная скорость БК двигателя
int dwig_PT = 3;                            // номер порта с ШИМ для двигателя ПТ
int count_speed_PT = 0;                     // текущая скорость ПТ
int acp_speed_PT;                           // заданная скорость ПТ
int acp_time;                               // заданное время работы
int knopka = 7;                             // номер порта кнопки

void setup()                                // однократный цикл
{  pinMode(knopka, INPUT_PULLUP);           // порт кнопки на ввод с подтягивающим рез.
  motor.attach(mot_pin);                    // инициализация двигателя
  // калибровка БК двигателя
  delay(1000);
  motor.writeMicroseconds(max_pwm);
  delay(2000);
  motor.writeMicroseconds(min_pwm);
  delay(4000); }

void loop()                                 // бесконечный цикл
{
count_speed_BK = 0;                         // переменная роста скорости БК двигателя
count_speed_PT = 0;                         // переменная роста скорости двигателя ПТ
M0:
acp_speed_BK = analogRead(A0);              // прочитали заданную скорость с R1
acp_speed_PT = acp_speed_BK/4;              // масштабировали до <=255 для двиг.  ПТ
acp_time = analogRead(A1);                  // чтение времени работы с R2
acp_time = acp_time*20;                     // масштабирование до 20 с
if (digitalRead(knopka) == LOW) {goto M0;} // ожидание нажатия кнопки
M1:                                         // плавный разгон двигателя
  count_speed_BK = count_speed_BK + 8;      // постепенное увеличение скорости БК двиг.
  count_speed_PT = count_speed_PT + 2;      // постепенное увеличение скорости двиг.  ПТ
  if (count_speed_BK < acp_speed_BK)
 {
  int speed=map(count_speed_BK,0,1023,800,2300);
  motor.writeMicroseconds(speed);
  analogWrite(dwig_PT, count_speed_PT);
  delay(15);                                // интервал для разгона на один шаг
```

```
    goto M1;
   }
    delay(acp_time);                    // время работы двигателя
    int speed=map(0,0,1023,800,2300);   // скорость равна нулю
    motor.writeMicroseconds(speed);     // остановка БК двигателя
    digitalWrite(dwig_PT, LOW);         // выключение двигателя ПТ
  }
```

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

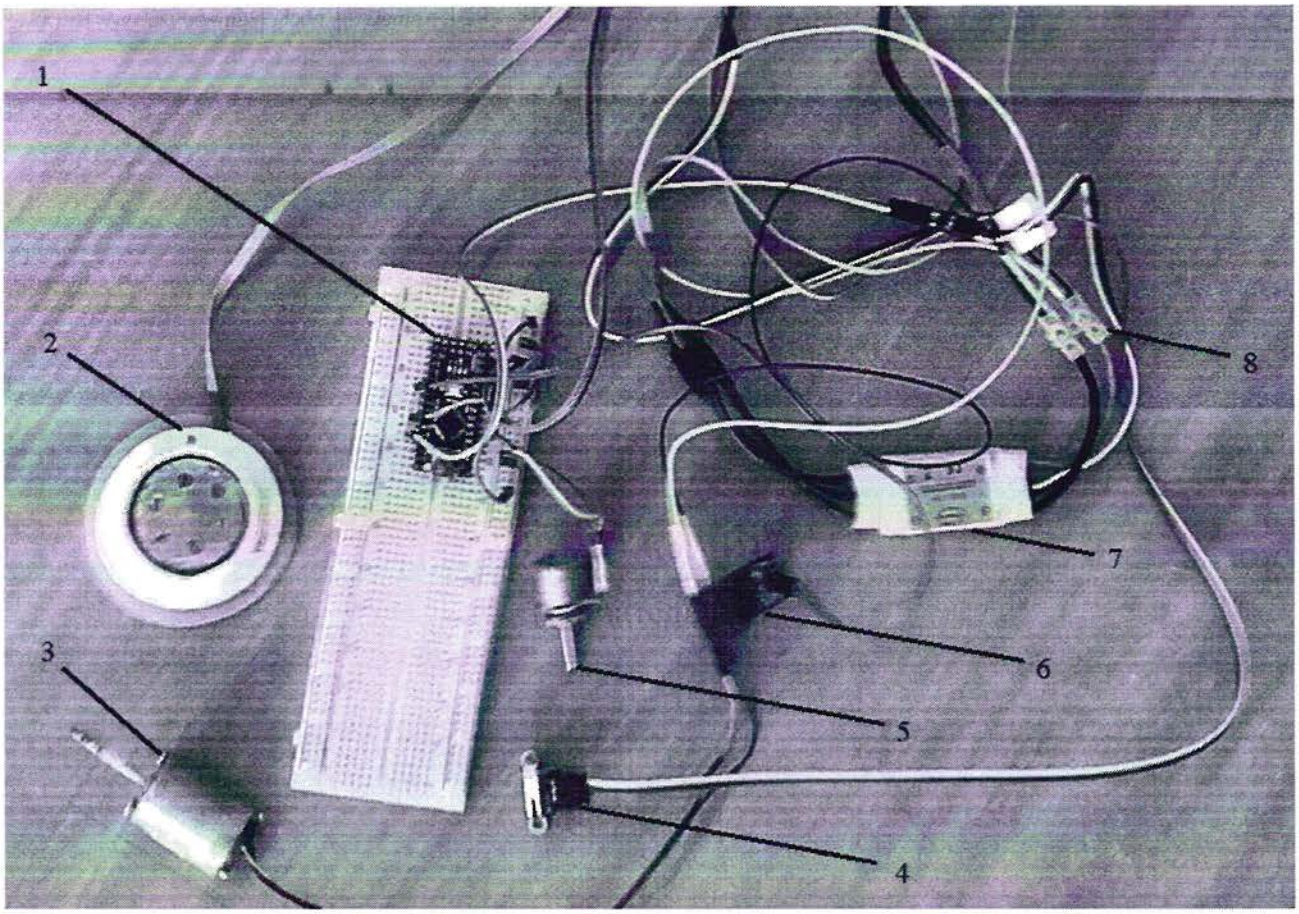


Рисунок В1 – Внешний вид прототипа КУКБДПТМС

1 – контроллер Arduino Nano

2 – бесколлекторный двигатель от компьютерного дисковода жестких дисков

3 – коллекторный двигатель постоянного тока

4 – нажимная кнопка

5 – переменный резистор

6 – силовой транзисторный драйвер

7 – силовой драйвер для управления бесколлекторным двигателем

8 – разъем блока питания

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

Проректор по науке и инновационной работе, д-р техн. наук. профессор

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

АКТ
о приемке в эксплуатацию проекта

«Контроллер управления коллекторным и бесколлекторным двигателями постоянного тока для моделей судов»

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

Комиссия в составе представителей:

заказчика

- С.М. Копытов – руководитель проекта,
- М.А. Горькавый – заведующий кафедрой «Промышленная электроника и инновационные технологии»,
- А.С. Гудим – декана ФЭУ,

исполнителя

- Г.А. Локтионов – 4ПЭм-1,

составила акт о нижеследующем:

«Исполнитель» передает аппаратно-программный комплекс «Контроллер управления коллекторным и бесколлекторным двигателями постоянного тока для моделей судов», в составе:

1. Устройство
2. Рабочая программа управления изделием.
3. Паспорт изделия.

Руководитель проекта _____ 04.05.2026 С.М. Копытов
(подпись, дата)

Исполнитель проекта _____ 04.05.2026 Г.А. Локтионов
(подпись, дата)