

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»

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС


(подпись) Е.М. Димитриади
«19» 06 2023 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе,

д-р техн. наук. профессор


(подпись) А.В. Космынин

«19» 06 2023 г.

Декан ФЭУ


(подпись) А.С. Гудим
«19» 06 2023 г.

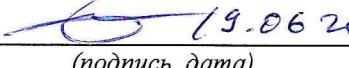
Система мониторинга параметров перемещения инструмента
промышленного робота-манипулятора

Комплект конструкторской документации на элемент оснастки для
автоматизированной/роботизированной системы

Руководитель СКБ


(подпись, дата) 19.06.2023 С.И. Сухоруков

Руководитель проекта


(подпись, дата) 19.06.2023 С.И. Сухоруков

Комсомольск-на-Амуре 2023

Карточка проекта

Название	Система мониторинга параметров перемещения инструмента промышленного робота-манипулятора
Тип проекта	Учебная работа
Исполнители	Р.Д. Григорец – 0МРб-1 Н.Р. Сбитнев – 0МРб-1 Н.А. Носаченко – 0МРб-1
Срок реализации	09.2022- 12.2022

Использованные материалы и компоненты

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

ЗАДАНИЕ

на разработку

Выдано студенту: Носаченко Р.А. – 0МРб-1, Сбитнев Н.Р. – 0МРб-1.
Григорец Р.Д., – 0МРб-1

Название проекта: Система мониторинга параметров перемещения инструмента промышленного робота-манипулятора

Назначение: Контроль скоростей и ускорений перемещения инструмента при работе роботизированных комплексов

Область использования: Промышленная робототехника

Функциональное описание:

Определение ускорений перемещения инструмента промышленного робота-манипулятора по всем трем осям декартовой системы координат, расчет итогового вектора ускорения инструмента, расчет скоростей перемещения инструмента по всем трем осям декартовой системы координат, расчет суммарного вектора скорости инструмента.

Оборудование, для которого разрабатывается система:

_ Промышленные роботы-манипуляторы KUKA

Требования: Получение внешних сигналов синхронизации с системой управления робота:

- установка нулевой скорости;
- установка нулевых координат и углов поворота.

Вывод данных по внешнему интерфейсу (Ethernet или I2C).

План работ:

Наименование работ	Срок
Разработка структурной схемы	10.2022
Выбор оборудования	10.2022
Разработка принципиальной схемы	11.2022
Проектирование механических элементов	11.2022
Изготовление и сборка	11.2022
Разработка алгоритмов и управляющих программ	12.2022
Оформление отчёта	12.2022

Комментарии:

Перечень графического материала:

1. Блок-схема алгоритма _____
 2. Чертежи изделия _____
 3. Внешний вид изделия _____
 4. Принципиальные схемы _____
-
-
-

Руководитель проекта

С.И. Сухоруков

(подпись, дата)

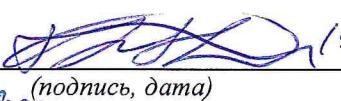
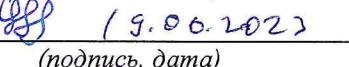
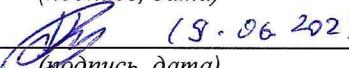
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

ПАСПОРТ
элемент оснастки для автоматизированной/роботизированной системы
**«Система мониторинга параметров перемещения инструмента
промышленного робота-манипулятора»**

Руководитель проекта

 19.06.2023 С.И. Сухоруков
(подпись, дата)

Исполнители проекта

 19.06.2023 Р.Д. Григорев
(подпись, дата)
 19.06.2023 Н.Р. Сбитнев
(подпись, дата)
 19.06.2023 Н.А. Носаченко
(подпись, дата)

Комсомольск-на-Амуре 20²³

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	11
4.1	Основные технические характеристики блока мишеней	11
4.2	Основные технические характеристики лазерного оружия.....	12
5	Устройство и описание работы изделия	13
5.1	Устройство изделия.....	13
5.2	Описание работы изделия	14
6	Условия эксплуатации	15
6.1	Правила и особенности размещения изделия	15
6.2	Меры безопасности	Ошибка! Закладка не определена.
6.3	Правила хранения и транспортирования	16
	ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	16
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б	22

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.	СКБФЭУ.2.ИП.010000ЭЗ	Лист
						6

1 Общие положения

Настоящий паспорт является документом, предназначенным для ознакомления с основными техническими характеристиками, устройством, правилами установки и эксплуатации устройства «Система мониторинга параметров перемещения инструмента промышленного робота-манипулятора» (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 – аппаратно-программный комплекс «Система мониторинга параметров перемещения инструмента промышленного робота-манипулятора» (АПК МПИ).

1.2 Наименования документов, на основании которых ведется проектирование системы

Создание АПК МПИ осуществляется на основании требований и положений следующих документов:

- задание на разработку.

1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке системы

Заказчиком создания АПК МПИ является Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.	СКБФЭУ.2.ИП.010000Э3	Лист

образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (далее заказчик), находящийся по адресу: 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, Ленина пр-кт., д. 17.

Исполнителями работ по созданию АПК МПИ являются Конструкторы студенческого конструкторского бюро (далее СКБ), студенты группы 0МРб-1, Р.Д. Григорец, Н.Р. Сбитнев, Н.А. Носаченко.

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.

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.	СКБФЭУ.2.ИП.010000Э3	Лист
						8

2 Назначение и принцип действия

2.1 Назначение изделия

АПК МПИ – предназначено для контроля параметров перемещения инструмента промышленного робота-манипулятора.

В состав оснастки входят: Плата Arduino NANO на основе микроконтроллера ATmega328, гироскоп акселерометр MPU-6050.

2.2 Области использования изделия

Оснастка может применяться на различных инструментах промышленных роботов-манипуляторов для точного внешнего считывания параметров перемещения.

2.3 Принцип действия

На рабочий инструмент промышленного робота-манипулятора устанавливается гироскоп акселерометр MPU-6050, который мониторит перемещение рабочего инструмента. С датчика акселерометра считаются «сырые» значения ускорения по 3-м осям. Далее они преобразуются в рабочем коде программы в удобные для восприятия значения $g \approx 9,8 \text{ м/с}^2$. После ускорения преобразуются в скорость и векторно складываются. В итоге получается линейные ускорения по координатам, итоговое вектора ускорения и скорости, которое выводится на экран.

					СКБФЭУ.2.ИП.020000Э3	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		9

3 Состав изделия и комплектность

В комплект поставки входит:

- плата Arduino NANO на основе микроконтроллера ATmega328;
- гироскоп акселерометр MPU-6050;
- комплект проводов;
- паспорт.

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.	СКБФЭУ.2.ИП.030000Э3	Лист
						10

4 Технические характеристики

4.1 Основные технические характеристики платы Arduino Nano

Основные технические характеристики платы Arduino Nano приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики платы Arduino Nano

Наименование параметра	Значение
Микроконтроллер	ATmega328
Тактовая частота, МГц	18
Портов ввода-вывода общего назначения	22
FLASH память, КБ	32
ОЗУ, Кб	1
Максимальный ток цифрового выхода мА	40
Питание, В	7...12
Габариты, мм	18×45
Масса нетто, г	7

4.2 Основные технические характеристики гироскоп акселерометра MPU-6050

Основные технические характеристики гироскоп акселерометра MPU-6050 приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики гироскоп акселерометра MPU-6050

Найменование параметра	Значение
Диапазон ускорения	2g, 4g, 8g, 16g
Режим связи	стандартный протокол I _C связи
Питание, В	3,5-6
Габариты, мм	20x16x3
Масса нетто, г	3

					СКБФЭУ.2.ИП.04000033	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		12

5 Устройство и описание работы оснастки

5.1 Устройство оснастки

Оснастка состоит из двух основных блоков. Первый блок - датчик MPU-6050, который крепится с помощью кронштейна к инструменту робота. Датчик мониторит перемещение инструмента и передаёт значения на второй блок. Второй блок - плата Arduino Nano, в котором с помощью кода программы обрабатываются значения с датчика в нужные величины. Выходные величины выводятся на подключенный ПК или другое доступное устройство. За счет него так же подается питание для всей системы.

Структурная схема оснастки представлена на рисунке 1.

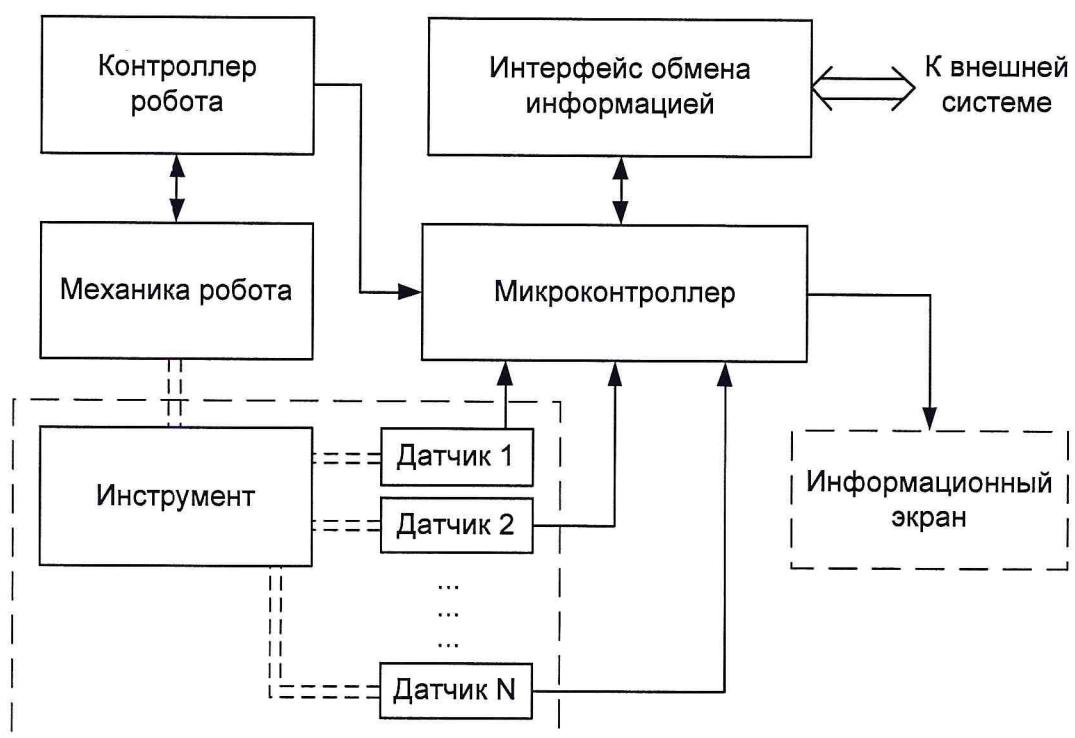


Рисунок 1 – Структурная схема оснастки

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.
------	-------	-------------	-------	-------

5.2 Описание работы оснастки

Для начала, продумавается принцип крепления датчика на инструмент робота, то есть модель кронштейна. Затем с помощью проводов датчик подключается к плате Arduino Nano. С помощью кабеля USB плата подключается к ПК. На компьютере необходимо иметь программу Arduino в которую вводиться код. Для наболее точного мониторинга перемещения производиться калибровка MPU-6050, в этот момент нельзя допускать хоть малейшего его движения. Так же в программе Arduino необходимо правильно задать тип платы и СОМ порт.

Блок-схемы работы управляющих программ приведены в Приложении А.

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.	СКБФЭУ.2.ИП.050000Э3	Лист
						14

6 Условия эксплуатации

Оснастка 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 °C;
- относительная влажность воздуха до 80 % при температуре +25 °C;
- 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 оснастка не должно возникать условий для конденсации влаги (выпадения росы). Оснастка 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 оснасткой;
- предохранять оснастку от ударов и повреждений;
- не допускать самостоятельную разборку оснастки.

6.1 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.

					СКБФЭУ.2.ИП.060000ЭЗ	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		15

6.2 Правила хранения и транспортирования

Транспортирование оснастки 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 оснастки по части воздействия климатических факторов должны соответствовать группе 5 по ГОСТ 15150.

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

Распакованная оснастка должна 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.

Изм.	Лист	№ документа	Подп.	Дата.	СКБФЭУ.2.ИП.060000Э3	Лист
						16

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Принципиальная схема

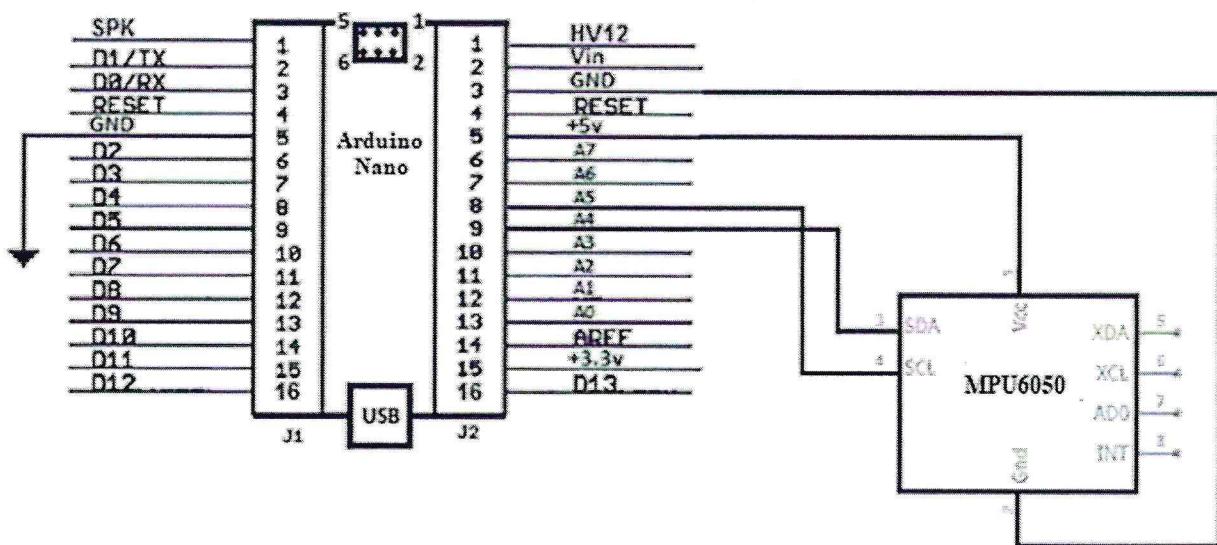


Рисунок А1 – Принципиальная схема

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

					СКБФЭУ.2.ИП.070000ПЭ	Лист
						20
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		

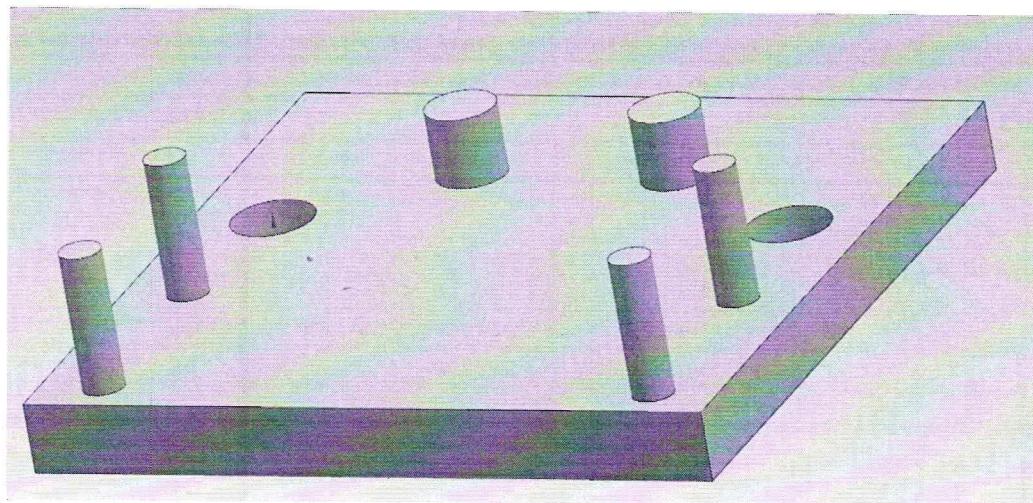


Рисунок А2 – Трехмерная модель крепления к роботу

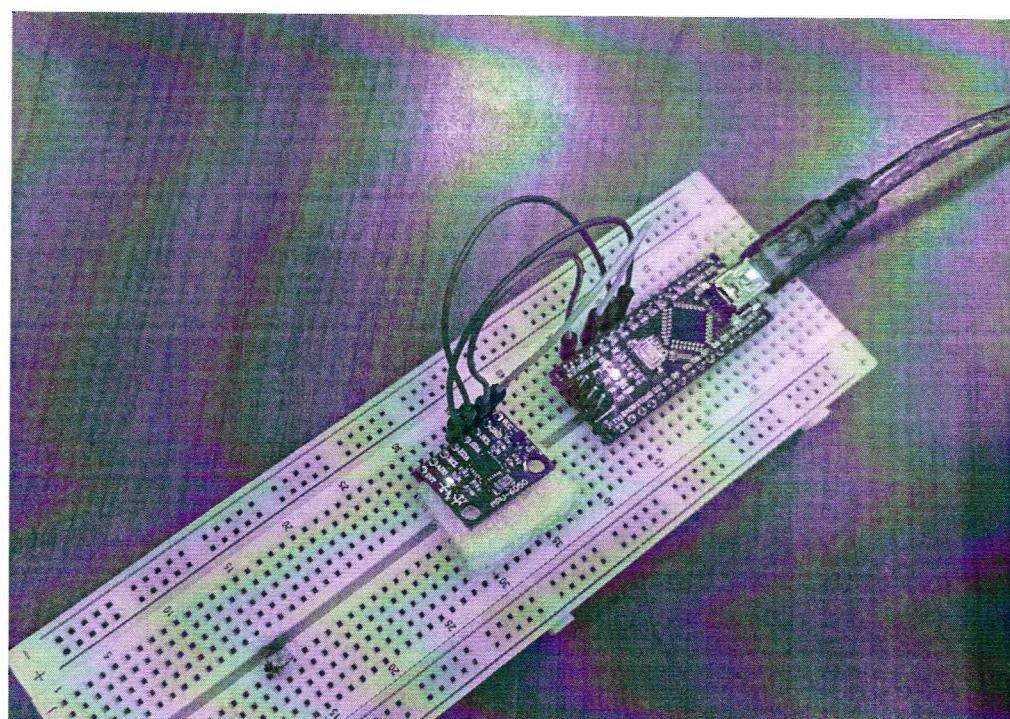


Рисунок А3 – Внешний вид устройства

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

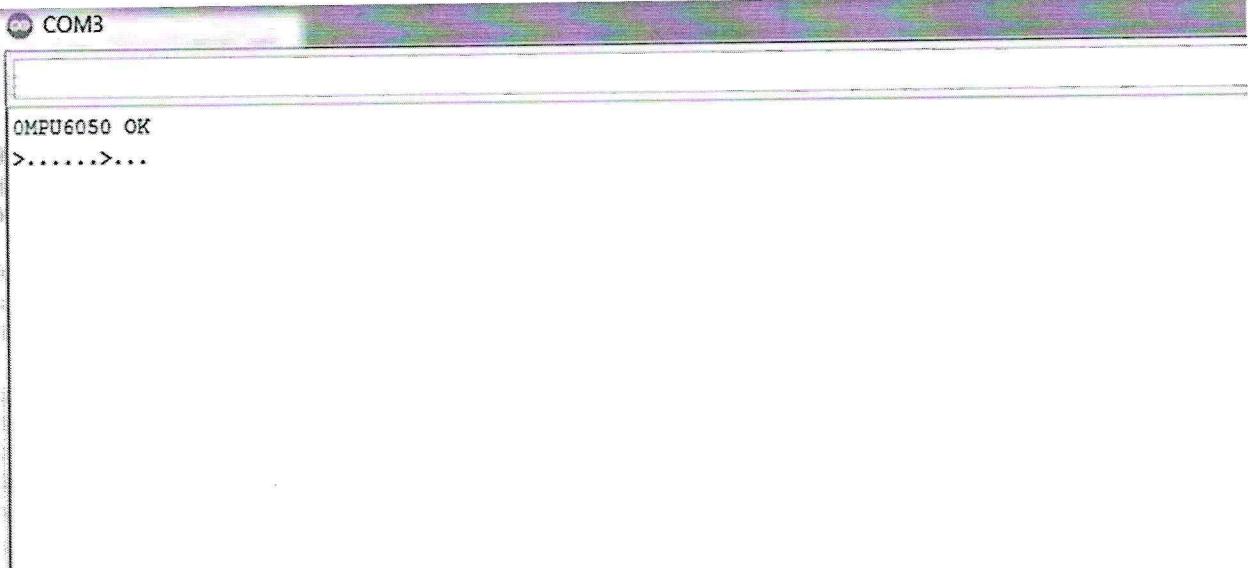


Рисунок А4 – Тестирование изделия(Проверка соединения и калибровка датчика)

COM3							
0.00	-0.01	1.00	1.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
0.00	-0.00	1.00	1.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
-0.01	0.01	0.99	0.99	-0.00	0.00	0.00	0.00
-0.00	0.00	0.99	0.99	-0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.00	-0.00	1.00	1.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
-0.00	-0.00	1.00	1.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
-0.01	0.01	1.00	1.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
-0.00	-0.00	1.00	1.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	-0.00	1.01	1.01	0.00	-0.00	0.00	0.00
0.00	0.01	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	-0.00	1.00	1.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
-0.00	0.00	1.00	1.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	-0.00	1.00	1.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
-0.00	0.00	1.00	1.00	-0.00	0.00	0.00	0.00

Рисунок А5 – Датчик находится в состоянии покоя

COM3

-0.38	-0.01	1.11	1.17	-0.07	-0.00	0.00	0.07
-0.63	-0.19	0.91	1.13	-0.12	-0.04	0.00	0.13
-0.29	-0.08	1.13	1.17	-0.06	-0.02	0.00	0.06
-0.46	-0.37	1.08	1.23	-0.09	-0.07	0.00	0.12
-0.01	-0.20	0.93	0.95	-0.00	-0.04	0.00	0.04
0.01	-0.14	0.83	0.84	0.00	-0.03	0.00	0.03
0.08	-0.20	0.60	0.64	0.01	-0.04	0.00	0.04
-0.36	-0.15	0.74	0.84	-0.07	-0.03	0.00	0.08
-1.01	0.02	1.72	2.00	-0.20	0.00	0.00	0.20
-0.55	-0.33	1.48	1.61	-0.11	-0.06	0.00	0.13
-0.25	-0.16	0.84	0.89	-0.05	-0.03	0.00	0.06
-0.01	-0.14	0.61	0.63	-0.00	-0.03	0.00	0.03
0.22	-0.36	0.22	0.48	0.04	-0.07	0.00	0.08
0.02	-0.12	0.50	0.51	0.00	-0.02	0.00	0.02
-0.88	-0.42	1.90	2.13	-0.17	-0.08	0.00	0.19
-0.43	-0.28	1.35	1.44	-0.08	-0.06	0.00	0.10

Рисунок А6 – Производятся резкие перемещения в разных направлениях

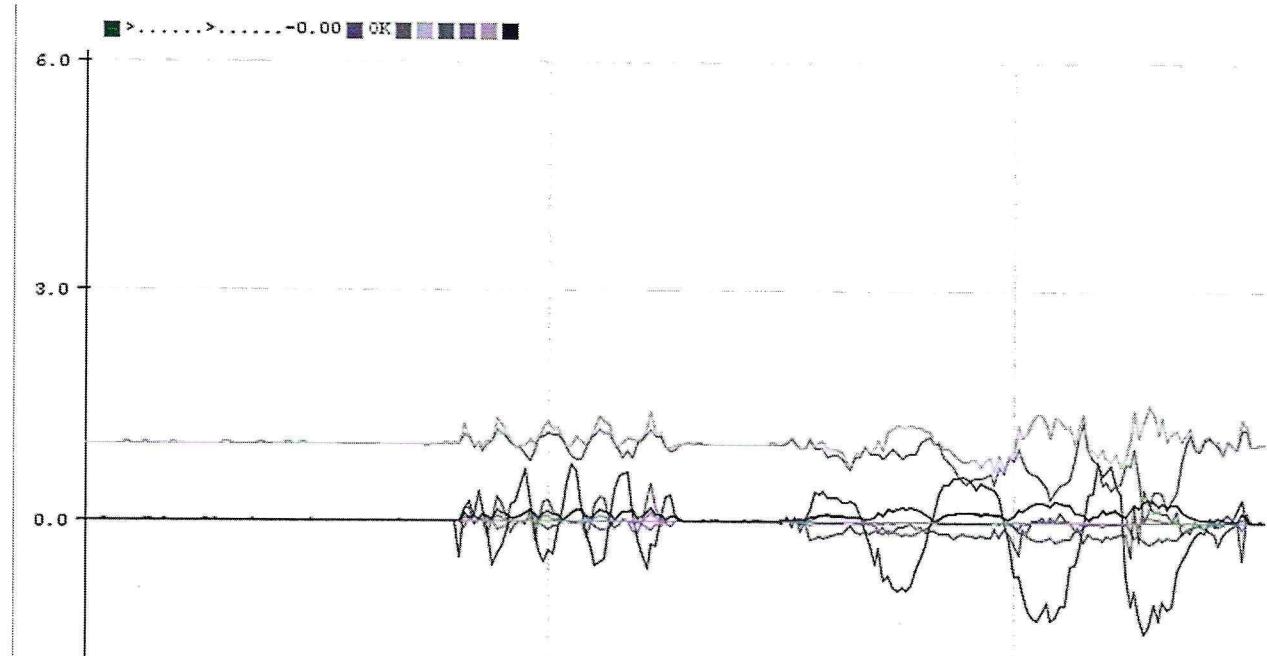


Рисунок А7 – Графическое отображение

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б



Рисунок А8 – Блок-схема управляющей программы

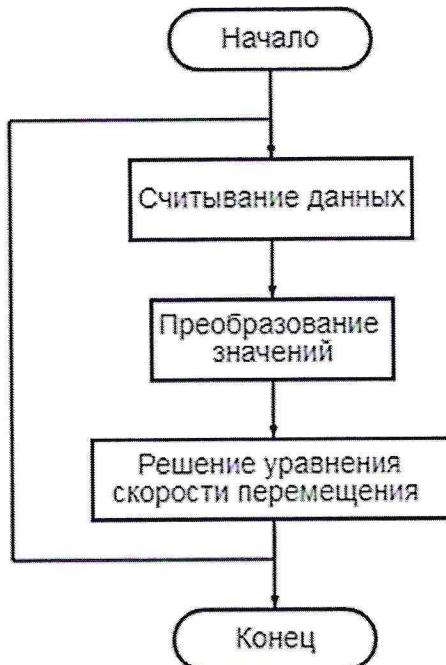


Рисунок А9 – Блок-схема получения скоростей и ускорения

					СКБФЭУ.2.ИП.070000ЛП	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		22

Листинг управляющей программы

```
#include <Wire.h>
#include "MPU6050.h"
MPU6050 mpu;
int16_t ax, ay, az;
int16_t gx, gy, gz;
float v = 0;
float vx=0;
float vy=0;
float vz=0;
void setup() {
    Wire.begin();
    Serial.begin(9600);
    mpu.initialize();
    // состояние соединения
    Serial.println(mpu.testConnection() ? "MPU6050 OK" : "MPU6050 FAIL");
    delay(1000);
    mpu.CalibrateAccel(6);
    mpu.CalibrateGyro(6);
    void loop() {
        mpu.getMotion6(&ax, &ay, &az, &gx, &gy, &gz);
        float acx = (float)ax / 32768*2;
        float acy = (float)ay / 32768*2;
        float acz = (float)az / 32768*2;
        float vx = vx + (float)acx*0.02*9.8;
        float vy = vy + (float)acy*0.02*9.8;
        float vz = vz + (float)acz*0.02*9.8;
        float va = sqrt((acx*acx)+(acy*acy)+(acz*acz));
        float vo = sqrt((vx*vx)+(vy*vy)+(vz*vz));
        Serial.print(acx); Serial.print("\t");
        Serial.print(acy); Serial.print("\t");
        Serial.print(acz); Serial.print("\t");
        Serial.print(va); Serial.print("\t");
        Serial.print(vx); Serial.print("\t");
        Serial.print(vy); Serial.print("\t");
        Serial.print(vz); Serial.print("\t");
        Serial.println(vo); Serial.print("\t");
        delay(20);
    }
}
```

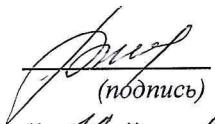
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.	СКБФЭУ.2.ИП.070000ЛП	Лист
						23

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС

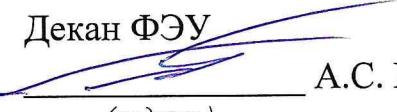

Е.М. Димитриади
(подпись)
«19» 06 2023 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе,
д-р техн. наук профессор

А.В. Космынин
(подпись)
«19» 06 2023 г.

Декан ФЭУ


А.С. Гудим
(подпись)
«19» 06 2023 г.

АКТ

о приемке в эксплуатацию проекта

«Система мониторинга параметров перемещения инструмента
промышленного робота-манипулятора»

г. Комсомольск-на-Амуре

«19» 06 2023 г.

Комиссия в составе представителей:

со стороны заказчика

- С.И. Сухоруков – руководитель проекта,
- С.И. Сухоруков – руководитель СКБ,
- С.П. Черный – Заведующий кафедрой ЭПАПУ,
- А.С. Гудим – декан ФЭУ

со стороны исполнителя

- С.И. Сухоруков – руководителя проекта,
- Р.Д. Григорец – 0МРб-1,
- Н.Р. Сбитнев – 0МРб-1,
- Р.А. Носаченко – 0МРб-1,

составила акт о нижеследующем:

«Исполнитель» передает проект «Система мониторинга параметров перемещения инструмента промышленного робота-манипулятора», в составе:

Оборудование, в составе:

- плата Arduino NANO на основе микроконтроллера ATmega328;
- гироскоп акселерометр MPU-6050;

Программное обеспечение, в том числе:

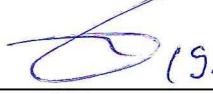
- Рабочие программы управления изделием.

Эксплуатационная документация:

- Паспорт изделия

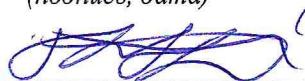
Аппаратно-программный комплекс «Система мониторинга параметров перемещения инструмента промышленного робота-манипулятора» прошел опытную эксплуатацию с «01 » 02.2023 по «15 » 05.2023 2023 г. и признан годным к эксплуатации. Были протестированы все режимы функционирования, отказы системы, а также аварийные отключения по вине системы не наблюдались.

Руководитель проекта

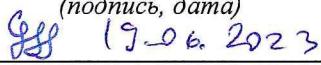
 19.06.2023
(подпись, дата)

С.И. Сухоруков

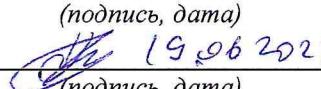
Исполнители проекта

 19.06.2023
(подпись, дата)

Р.Д. Григорец

 19.06.2023
(подпись, дата)

Н.Р. Сбитнев

 19.06.2023
(подпись, дата)

Р.А. Носаченко