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 научной работе,
д-р техн. наук, профессор

_____ А.В. Космынин
(подпись)

«19» 06 2026 г.

«Стенд балансировки высокоскоростных тел вращения»

Комплект конструкторской документации

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

Руководитель проекта _____ А.В. Бузикаева
(подпись, дата)

Наставник проекта _____ П.А. Тимохин
(подпись, дата)

Комсомольск-на-Амуре 2026

Карточка проекта

Название	Разработка телемеханической системы управления манипулятором
Тип проекта	Техническое творчество (инициативный)
Исполнители	Школьник А.Д. Шиберина – лицей при ФГБОУ ВО «КнАГУ» Школьник Д.И. Шелепова – лицей при ФГБОУ ВО «КнАГУ» Школьник В.Р. Яцко – лицей при ФГБОУ ВО «КнАГУ»
Срок реализации	02.2026-05.2026

Использованные материалы и компоненты

Наименование	Количество, шт.
Электродвигатель постоянного тока (с регулятором оборотов)	1
Подшипники опорные	2
Датчик вибрации MPU6050	2
Микроконтроллер ESP32	1
Тактовая кнопка	1
Блок питания 12В/5А	1
Комплект деталей корпуса и креплений (3D-печать, PLA/PETG)	1 компл.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

ЗАДАНИЕ
на разработку

Название проекта: Стенд балансировки высокоскоростных тел вращения

Назначение: тенд предназначен для демонстрации физических явлений, связанных с дисбалансом высокоскоростных тел вращения, позволяет количественно оценить уровень вибраций в зависимости от распределения масс, а также осуществить практическую балансировку ротора с целью минимизации биений и повышения устойчивости вращения

Область использования: Образовательный процесс (лабораторные работы по физике, механике и основам робототехники), демонстрационные стенды.

Функциональное описание проекта: Ротор приводится во вращение электродвигателем. Оператор может изменять распределение масс на роторе. Датчики вибрации в реальном времени считывают уровень биений, данные обрабатываются микроконтроллером и выводятся для визуального анализа, что позволяет провести практическую балансировку.

Техническое описание устройства: Механическая часть на базе 3D-печатных деталей; электродвигатель с валом для установки ротора; датчики вибрации, подключенные к микроконтроллеру; программное обеспечение для сбора и обработки данных.

Требования: Безопасность конструкции при вращении; наглядность процесса балансировки; возможность количественной оценки вибраций; питание от безопасного источника постоянного тока.

План работ:

Наименование работ	Срок
Разработка 3D-моделей механической части стенда в CAD-системе	02.2024
Подбор компонентов (электродвигатель, подшипники, датчики)	02.2024
Разработка принципиальной схемы подключения датчиков к микроконтроллеру	03.2024
Написание программы для сбора и обработки данных	04.2024
Изготовление деталей корпуса и креплений (в т.ч. 3D-печать), сборка и электромонтаж	04.2024
Апробация устройства и отладка системы балансировки	05.2024

Комментарии:

Перечень графического материала:

1. Структурная схема стенда;
2. Принципиальная электрическая схема подключения датчиков;
3. Трехмерная модель механической части изделия;
4. Внешний вид изделия в сборе;
5. Блок-схема алгоритма программы сбора данных.

Руководитель проекта _____ 10.09.2025 А.В. Бузикаева

(подпись, дата)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

ПАСПОРТ

«Стенд балансировки высокоскоростных тел вращения»

Руководитель проекта _____ 10.06.2026 А.В. Бузикаева
(подпись, дата)

Наставник проекта _____ 10.06.2026 П.А.Тимохин
(подпись, дата)

Исполнители проекта _____ 10.06.2026 А.Д. Шиберина
(подпись, дата)

_____ 10.06.2026 Д.И. Шелепова
(подпись, дата)

_____ 10.06.2026 В.Р. Яцко
(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 7

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 10

4 Технические характеристики 11

4.1 Основные технические характеристики блока «Рабочий манипулятор» 11

4.2 Основные технические характеристики блока «Система управления и данных» 11

5 Устройство и описание работы изделия 12

5.1 Устройство изделия 12

5.2 Описание работы изделия 12

6 Условия эксплуатации 13

6.1 Правила и особенности размещения изделия 13

6.2 Меры безопасности 13

6.3 Правила хранения и транспортирования 13

ПРИЛОЖЕНИЕ А 14

ПРИЛОЖЕНИЕ Б 15

1 Общие положения

Настоящий паспорт является документом, предназначенным для ознакомления с основными техническими характеристиками, устройством, правилами установки и эксплуатации устройства «Стенд балансировки высокоскоростных тел вращения» (далее «изделие»).

Паспорт входит в комплект поставки изделия. Прежде, чем пользоваться изделием, внимательно изучите правила обращения и порядок работы с ним.

1.1 Наименование изделия

Полное наименование изделия – «Стенд балансировки высокоскоростных тел вращения».

1.2 Наименования документов, на основании которых ведется проектирование изделия

Проектирвание осуществляется на основании требований и положений следующих документов:

- задание на разработку.

1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке изделия

Заказчиком проекта является ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (Кафедра «ЭПАПУ»), находящийся по адресу: 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, Ленина пр-кт., д. 17.

Исполнителями проекта являются школьники лицея при ФГБОУ ВО «КнАГУ»: Шиберина А.Д., Шелепова Д.И., Яцко В.Р.

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

Стенд предназначен для демонстрации физических явлений, связанных с дисбалансом высокоскоростных тел вращения, позволяет количественно оценить уровень вибраций в зависимости от распределения масс, а также осуществить практическую балансировку ротора с целью минимизации биений и повышения устойчивости вращения.

2.2 Области использования изделия

Изделие может применяться в образовательном процессе для изучения физики вращательного движения, основ вибродиагностики и мехатроники; в качестве демонстрационного лабораторного оборудования.

2.3 Принцип действия изделия

Ротор приводится во вращение электродвигателем. При наличии дисбаланса возникают вибрации, которые фиксируются датчиками (акселерометрами), установленными на опорах. Микроконтроллер оцифровывает сигналы датчиков, обрабатывает данные и выводит количественную оценку уровня вибраций. Изменяя положение балансировочных грузов на роторе, оператор добивается минимизации показаний датчиков, тем самым осуществляя практическую балансировку.

3 Состав изделия и комплектность

В комплект поставки входит:

- Механическая часть стенда в сборе (основание, опоры, ротор с возможностью установки грузов, электродвигатель).
- Блок управления и сбора данных на базе микроконтроллера с подключенными датчиками вибрации.
- Блок питания.
- Носитель с исходным кодом управляющей программы и файлами 3D-моделей.
- Паспорт изделия.

4 Технические характеристики

4.1 Основные технические характеристики блока «Рабочий манипулятор»

Основные технические характеристики блока «Рабочий манипулятор» приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики блока «Рабочий манипулятор»

Наименование параметра	Значение
Тип привода	Электродвигатель постоянного тока
Максимальная частота вращения	до 3000 об/мин (регулируемая)
Материал основных деталей	PLA/PETG (3D-печать), металл (вал, подшипники)
Габариты, мм	~300x200x150
Масса нетто, кг	~1,5

4.2 Основные технические характеристики блока «Система управления и данных»

Основные технические характеристики блока «Система управления и данных» приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики «Система управления и мастер-пульт»

Наименование параметра	Значение
Микроконтроллер	ESP32
Датчики	Акселерометр/гироскоп (2 шт.)
Тип обработки сигнала	Аналоговый/I2C вход → Цифровая фильтрация → Вывод данных
Питание, В	12 (двигатель), 5 (логика)
Интерфейсы	USB (прошивка и вывод данных), аналоговые/цифровые входы

5 Устройство и описание работы изделия

5.1 Устройство изделия

Изделие состоит из механической части и блока управления. Механическая часть включает основание, две опоры с подшипниками, вал ротора и электродвигатель. На роторе предусмотрены места для крепления балансировочных грузов. Блок управления построен на микроконтроллере, который принимает сигналы с датчиков вибрации, установленных на опорах, выполняет их фильтрацию и передает данные для отображения.

5.2 Описание работы изделия

Перед началом эксплуатации убедитесь в надежности крепления всех деталей. Включите блок питания. Запустите вращение ротора через интерфейс управления. Наблюдайте за показаниями уровня вибраций. Последовательно перемещайте балансировочные грузы на роторе, добиваясь минимальных показаний датчиков (минимизации биений). После завершения работы остановите двигатель и отключите питание.

6 Условия эксплуатации

1. интервал температур от +10 до +35 °С;
2. относительная влажность воздуха до 80 % при температуре +25 °С.

6.1 Правила и особенности размещения изделия

Изделие должно быть расположено на устойчивой горизонтальной поверхности на расстоянии не менее 0,5 м от нагревательных приборов.

6.2 Меры безопасности

- Не оставлять изделие включенным без наблюдения.
- Запрещается касаться вращающихся частей во время работы.
- Внутренние осмотры и ремонт должны производиться только квалифицированными специалистами или под руководством наставника.

6.3 Правила хранения и транспортирования

Транспортирование в упакованном виде в закрытых транспортных средствах. Распакованное изделие должно храниться в отапливаемом и вентилируемом чистом помещении при температуре от +5 до +40 °С..

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

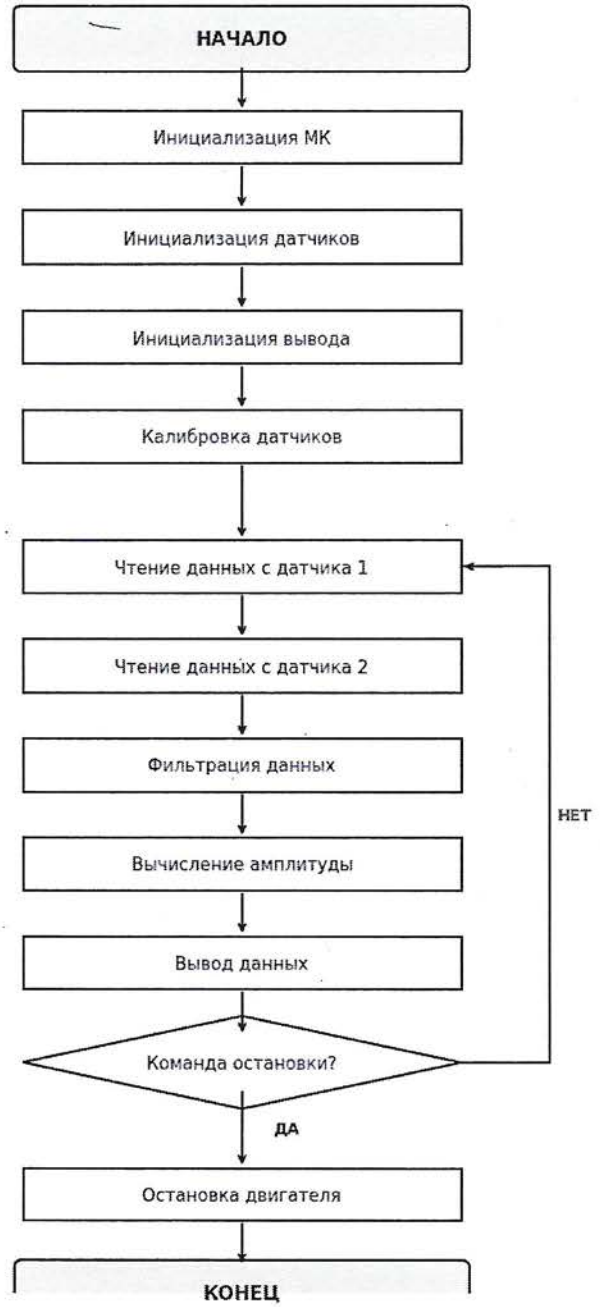

Рисунок 1 – Блок схема работы программы

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

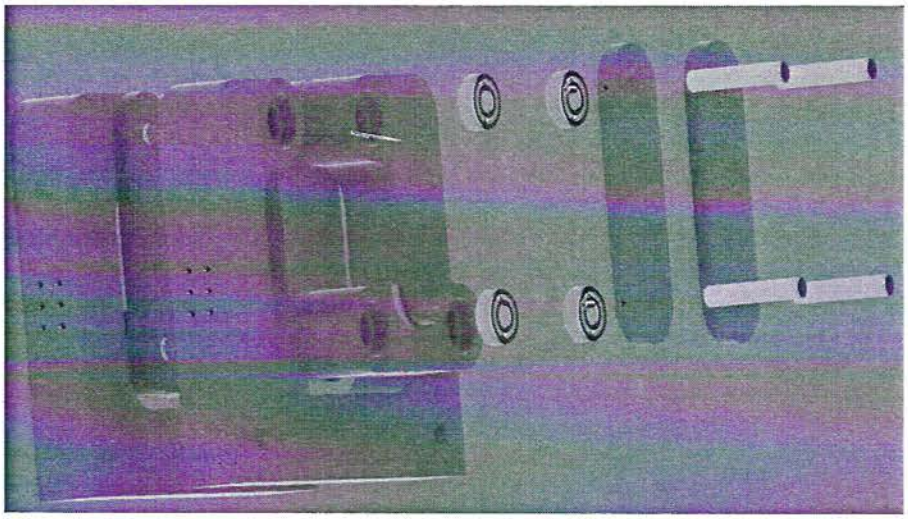

Рисунок 2 – 3D модели элементов платформы

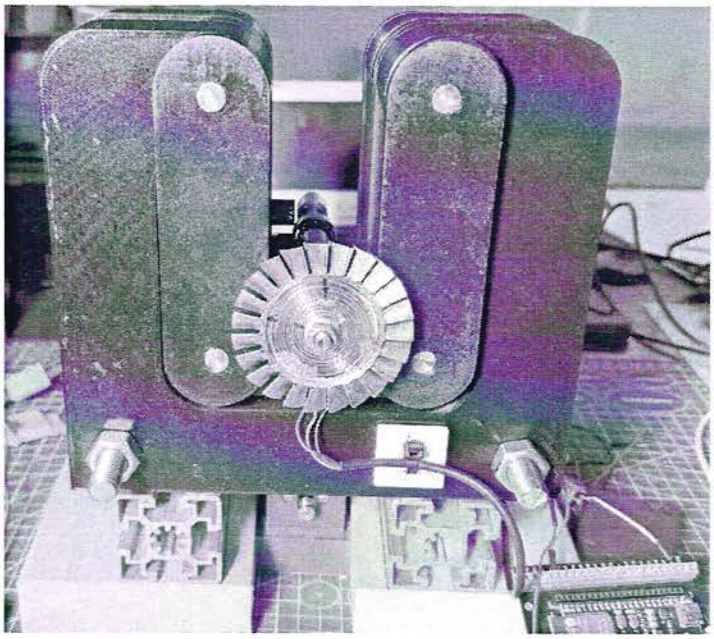

Рисунок 3 – Внешний вид изделия

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 научной работе,
д-р техн. наук, профессор

_____ А.В. Космынин
(подпись)

«19» 06 2026 г.

АКТ
о приемке в эксплуатацию проекта «Разработка телемеханической системы управления манипулятором»

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

- А.В. Бузикаева – руководителя проекта,
- П.А. Тимохин – наставник проекта,
- Шиберина А.Д. – исполнитель, лицей при ФГБОУ ВО «КнАГУ»
- Шелепова Д.И. – исполнитель, лицей при ФГБОУ ВО «КнАГУ»
- Яцко В.Р. – исполнитель, лицей при ФГБОУ ВО «КнАГУ»

составила акт о нижеследующем:

«Исполнитель» передает проект «стенд балансировки высокоскоростных тел вращения», в составе:

1. Механической части стенда в сборе
2. Блока управления и сбора данных
3. Паспорта изделия и комплекта конструкторской документации

Руководитель проекта	10.06.2026 *(подпись, дата)*	А.В. Бузикаева
Наставник проекта	10.06.2026 *(подпись, дата)*	П.А. Тимохин
Исполнители проекта	10.06.2026 *(подпись, дата)*	А.Д. Шиберина
	10.06.2026 *(подпись, дата)*	Д.И. Шелепова
	10.06.2026 *(подпись, дата)*	В.Р. Яцко