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_____ 20_26_ г.

Декан ФЭУ

_____ А.С. Гудим
(подпись)
«_19_» _____06_____ 20_26_ г.

УТВЕРЖДАЮ

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

_____А.В. Космынин
(подпись)
«_19_» _____06_____ 20_26_ г.

«Разработка телемеханической системы управления манипулятором»

Комплект конструкторской документации

Руководитель СКБ _____09.06.2026_____ С.И. Сухоруков
(подпись, дата)

Руководитель проекта _____09.06.2026_____ Д.О. Савельев
(подпись, дата)

Наставник проекта _____09.06.2026_____ Н.Р. Сбитнев
(подпись, дата)

Комсомольск-на-Амуре 2026

Карточка проекта

Название	Разработка телемеханической системы управления манипулятором
Тип проекта	Техническое творчество (инициативный)
Исполнители	Школьник _____ З.Е. Чера – МОУ Гимназия №1 Школьник _____ А.Р. Мигунов – МОУ СОШ №27 Школьник _____ М.А. Богатырев – МОУ «Инженерная школа г. Комсомольска-на-Амуре» Школьник _____ М.С. Латфулина – МОУ «Инженерная школа г. Комсомольска-на-Амуре»
Срок реализации	02.2026-05.2026

Использованные материалы и компоненты

Наименование	Количество, шт.
Arduino Mega 2560 R3	1
Сервопривод MG90S	4
Сервопривод SG90	1
Потенциометр WH148 B10K	4
Тактовая кнопка	1
Блок питания 5В/5А	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 телемеханической системы управления манипулятором

Назначение: Создание доступной телемеханической системы дистанционного управления манипулятором с интуитивным копирующим интерфейсом

Область использования: Мехатронный модуль для высокоточных инструментов

Функциональное описание проекта: Оператор перемещает мастер-пульт, система в реальном времени передаёт команды, целевой манипулятор повторяет движения

Техническое описание устройства: 4-осевой манипулятор на 3D-печатных деталях; сервоприводы для управления целевым манипулятором; потенциометры для реализации мастер-пульта; контроллер Arduino Mega.

Требования: Точность ±1–2°; задержка <250 мс; грузоподъёмность ~0.5–1 кг; питание 5 В;

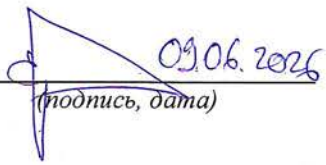
План работ:

Наименование работ	Срок
Проектирование 3D-моделей манипулятора в CAD системе	02.2024
Изготовление деталей с использованием аддитивных технологий	03.2024
Разработка электрической схемы	04.2024
Реализация управляющей программы	04.2024
Апробация системы управления	05.2024

Комментарии:

Перечень графического материала:

1. Структурная схема;
2. Внешний вид изделия;
3. Трехмерная модель изделия
4. Блок-схема алгоритма.

Руководитель проекта  Д.О. Савельев

(подпись, дата)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

ПАСПОРТ

«Разработка телемеханической системы управления манипулятором»

Руководитель проекта _____ 09.06.2026 *Д.О. Савельев*
(подпись, дата)

Наставник проекта _____ 09.06.2026 *Н.Р. Сбитнев*
(При наличии) *(подпись, дата)*

Исполнители проекта _____ 09.06.2026 *З.Е. Чера*
(подпись, дата)

_____ 09.06.2026 *А.Р. Мигунов*
(подпись, дата)

_____ 09.06.2026 *М.А. Богатырев*
(подпись, дата)

_____ 09.06.2026 *М.С. Латфулина*
(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 10

4 Технические характеристики 11

4.1 Основные технические характеристики блока «Рабочий манипулятор» 11

4.2 Основные технические характеристики «Система управления и мастер-пульт» 11

5 Устройство и описание работы изделия 12

5.1 Устройство изделия 12

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 18

1 Общие положения

Настоящий паспорт является документом, предназначенным для ознакомления с основными техническими характеристиками, устройством, правилами установки и эксплуатации устройства «Телемеханическая система управления роботом-манипулятором» (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 – «Телемеханическая система управления роботом-манипулятором».

1.2 Наименования документов, на основании которых ведется проектирование изделия

Проектирвание «Телемеханическая система управления роботом-манипулятором» осуществляется на основании требований и положений следующих документов:

- задание на разработку.

1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке изделия

Заказчиком проекта «Телемеханическая система управления роботом-манипулятором» 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 «Телемеханическая система управления роботом-манипулятором» являются школьники МОУ «Инженерная школа города Комсомольска-на-Амуре» Латфулина Маргарита Сергеевна, Богатырев Матвей Алексеевич; МОУ Гимназия №1 Чера Захар Евгеньевич; МОУ СОШ №27 Мигунов Артем Романович

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

Название - Телемеханическая система управления роботом-манипулятором

В состав изделия входят: механическая конструкция четырехзвенного манипулятора и мастер-пульта, изготовленная методом 3D-печати; четыре сервопривода для управления манипулятором и один для захватного устройства, 4 потенциометра и тактовая кнопка для мастер-пульта; плата Arduino Mega; блок питания 5 В.

2.2 Области использования изделия

Изделие может применяться в образовательном процессе для изучения робототехники, кинематики и сетевых интерфейсов; для дистанционного выполнения операций в опасных или труднодоступных средах (ликвидация ЧС, обслуживание промышленных объектов, работа с агрессивными веществами); а также в качестве платформенного решения для прототипирования алгоритмов телеуправления и отладки гибридных систем «мастер-слейв».

2.3 Принцип действия изделия

Оператор перемещает звенья мастер-пульта. Встроенные потенциометры преобразуют углы поворота каждого сочленения в аналоговые электрические сигналы. Микроконтроллер Arduino оцифровывает эти сигналы, обрабатывает данные и формирует управляющие ШИМ-импульсы, которые передаются на сервоприводы рабочего манипулятора. Сервомоторы точно воспроизводят движения мастера в реальном времени, обеспечивая интуитивное копирующее управление системой.

3 Состав изделия и комплектность

В комплект поставки входит:

- Рабочий манипулятор в сборе (4-осевая кинематическая цепь + захватное устройство)
- Мастер-пульт оператора с установленными потенциометрами и кнопкой
- Блок управления на базе Arduino Mega 2560 R3 с коммутационными проводами
- Блок питания импульсный 5 В / 5 А
- 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 «Рабочий манипулятор» приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики блока «Рабочий манипулятор»

Наименование параметра	Значение
Количество степеней свободы	4
Тип приводов	Сервоприводы MG90S (4 шт.), SG90 (1 шт.)
Рабочий угол поворота осей	0–180°
Грузоподъёмность (на схвате)	до 0,5 кг
Точность позиционирования	±2°
Материал звеньев	PLA
Интерфейсы	3-проводные разъемы сервоприводов
Питание, В	5
Габариты, мм	190x120x140
Масса нетто, кг	0,85

4.2 Основные технические характеристики «Система управления и мастер-пульт»

Основные технические характеристики «Система управления и мастер-пульт» приведены в таблице 2.

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

Наименование параметра	Значение
Микроконтроллер	Arduino Mega 2560 R3
Датчики положения	Потенциометры WH148 B10K (4 шт.)
Элементы интерфейса	Тактовая кнопка (1 шт.)
Тип обработки сигнала	Аналоговый вход → Цифровая фильтрация → ШИМ
Задержка отклика системы	< 50 мс
Микроконтроллер	Arduino Mega 2560 R3
Датчики положения	Потенциометры WH148 B10K (4 шт.)
Интерфейсы	USB (прошивка), аналоговые входы A0–A3, ШИМ-выходы 2–6
Питание, В	5
Габариты, мм	80x55x85
Масса нетто, кг	~0,4

5 Устройство и описание работы изделия

5.1 Устройство изделия

Изделие состоит из рабочего манипулятора, мастер-пульта и блока управления. Рабочий манипулятор выполнен на базе 3D-печатных звеньев и оснащён пятью сервоприводами: четырьмя MG90S для обеспечения подвижности осей и одним SG90 для работы захватного устройства. Мастер-пульт содержит аналогичную кинематическую схему с потенциометрами WH148, преобразующими углы поворота в аналоговые электрические сигналы. Блок управления построен на микроконтроллере Arduino Mega 2560 R3, который принимает сигналы с потенциометров, выполняет их фильтрацию, масштабирование и генерацию ШИМ-сигналов для сервоприводов. Питание системы осуществляется от импульсного блока питания 5 В / 5 А. Структурная схема взаимодействия блоков представлена на рисунке 1. Все компоненты объединены в единую электромеханическую систему с модульной архитектурой.

Структурная схема изделия представлена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Структурная схема изделия

Схема включает следующие основные узлы:

Блок питания (БП 5В/5А):

- Является источником электроэнергии для всей системы.
- Подключен к шине питания микроконтроллера Arduino Mega и напрямую к силовым входам сервоприводов рабочего манипулятора для обеспечения достаточного тока при нагрузке.

Блок ввода информации (Мастер-пульт):

– Состоит из четырех линейных потенциометров (WH148 B10K), механически связанных со звеньями пульта.

– Потенциометры преобразуют угловое положение звеньев в аналоговые электрические сигналы (напряжение 0–5 В).

– Сигналы поступают на аналоговые входы (A0–A3) микроконтроллера.

– Также включает тактовую кнопку, подключенную к цифровому входу для управления захватным устройством

Блок управления (Микроконтроллер Arduino Mega 2560 R3):

– Центральный вычислительный узел системы.

– Принимает аналоговые сигналы с потенциометров мастер-пульта.

– Выполняет оцифровку сигналов (АЦП), программную фильтрацию шумов и масштабирование значений.

– Генерирует управляющие ШИМ-сигналы (широтно-импульсная модуляция) для каждого канала управления сервоприводами.

– Реализует алгоритмы защиты от выхода за предельные углы поворота.

Блок исполнения (Рабочий манипулятор):

– Включает четыре сервопривода MG90S (оси движения) и один сервопривод SG90 (захватное устройство).

– Сервоприводы получают ШИМ-сигналы от микроконтроллера через цифровые выводы (PWM пины 2–6).

– Преобразуют электрические импульсы в механическое перемещение звеньев манипулятора, точно копируя положения мастер-пульта.

5.2 Описание работы изделия

Перед началом эксплуатации убедитесь в целостности соединений и отсутствии механических препятствий в зоне движения манипулятора. Включите блок питания в сеть 220 В, после чего автоматически активируется микроконтроллер. Для калибровки переведите мастер-пульт в нейтральное положение и запустите систему, после чего зафиксируются нулевые точки осей. В рабочем режиме оператор перемещает звенья мастер-пульта, а манипулятор синхронно повторяет движения в реальном времени. Задержка

отклика не превышает 50 мс благодаря оптимизированному коду на Arduino. Для остановки движения переведите мастер-пульт в исходное положение или используйте кнопку экстренного отключения питания. Не допускайте перегрузки захвата свыше 0,5 кг и резких механических ударов по звеньям. После завершения работы отключите блок питания от сети. Блок-схема алгоритма управления приведена в Приложении А.

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;

– 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)

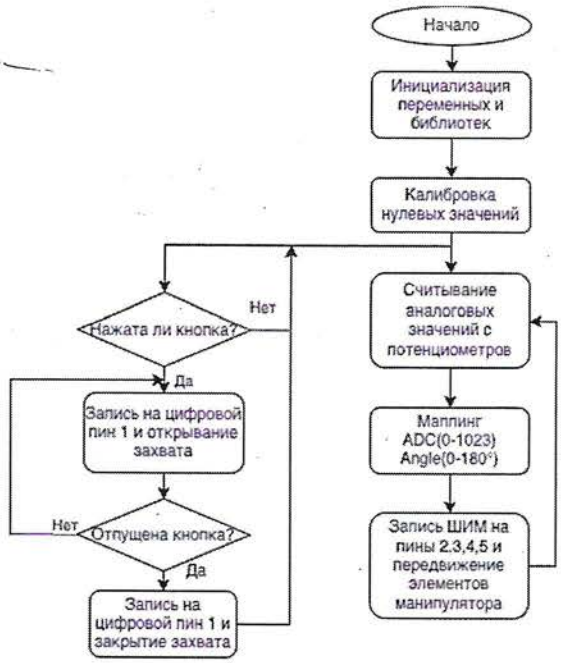
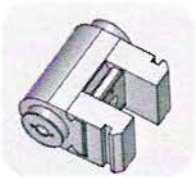


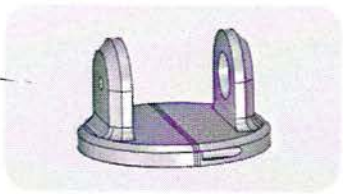
Рисунок 2 – Блок схема работы программы

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

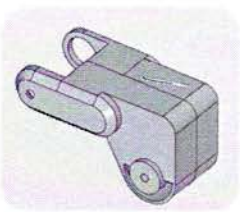
(обязательное)



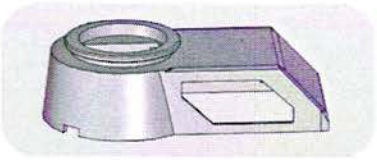
Захватный механизм



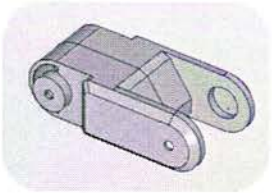
Первое звено



Третье звено



Нижнее основание



Второе звено

Рисунок 3 – 3D модели элементов платформы

Рисунок 4 – 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)
«15» 06 2026 г.

Декан ФЭУ

_____ А.С. Гудим
(подпись)
«15» 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

- Д.О. Савельев – руководителя проекта,
- Н.Р. Сбитнев – наставник проекта,
- З.Е. Чера – МОУ Гимназия №1
- А.Р. Мигунов – МОУ СОШ №27
- М.А. Богатырев – МОУ «Инженерная школа г. Комсомольска-на-Амуре»

– М.С. Латфулина – МОУ «Инженерная школа г. Комсомольска-на-Амуре».

составила акт о нижеследующем:

«Исполнитель» передает проект «Разработка телемеханической системы управления манипулятором», в составе:

1. Рабочего манипулятора
2. Мастер-пульта
3. Паспорта

Руководитель проекта 09.06.2026 *Д.О. Савельев*
(подпись, дата)

Наставник проекта 09.06.2026 *Н.Р. Сбитнев*
(При наличии) *(подпись, дата)*

Исполнители проекта 09.06.2026 *З.Е. Чера*
(подпись, дата)

09.06.2026 *А.Р. Мигунов*
(подпись, дата)

09.06.2026 *М.А. Богатырев*
(подпись, дата)

09.06.2026 *М.С. Латфулина*
(подпись, дата)