

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

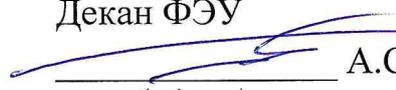
  
(подпись) Е.М. Димитриади  
« 14 » 06 2023 г.

УТВЕРЖДАЮ

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

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

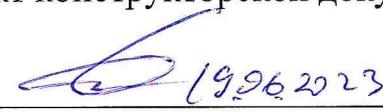
Декан ФЭУ

  
(подпись) А.С. Гудим  
« 19 » 06 2023 г.

«Подводный робот для проведения сварочных работ»

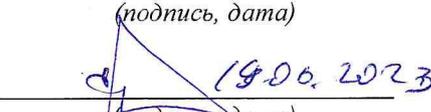
Комплект конструкторской документации

Руководитель СКБ

  
(подпись, дата)

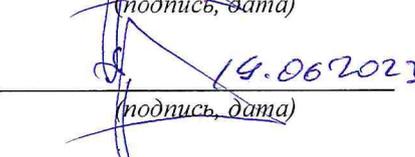
С.И. Сухоруков

Руководитель проекта

  
(подпись, дата)

Д.О. Савельев

Наставник проекта  
(При наличии)

  
(подпись, дата)

Д.О. Савельев

Комсомольск-на-Амуре 2023

### Карточка проекта

Название	Подводный робот для проведения сварочных работ
Тип проекта	Тип проекта: техническое творчество (инициативный),
Исполнители	Студент Н.С. Шушарин – 0МР6-1
Срок реализации	2 семестра

### Использованные материалы и компоненты

Наименование	Количество, шт.
Лист поликарбонат монолитный 1000*1000*3	1
Мотор коллекторный	4
Плата Arduino	2
Драйвер двигателя	4
Джойстик управления	1
Провод 1м	1

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

ЗАДАНИЕ  
на разработку

Выдано студенту: *Н.С. Шушарину – 0МР6-1* \_\_\_\_\_

Название проекта: Подводный аппарат для проведения работ в тяжелых условиях.

Назначение: Выполнение роботом поставленных задач в водной среде без прямого участия человека

Область использования: ТНПА (Телеуправляемый необитаемый подводный аппарат) предназначены для выполнения подводных работ на внутренних водах, в морских прибрежных, открытых акваториях и используются для: поддержки водолазных работ; поиска объектов на дне и в толще воды; осмотровых работ – городских коммуникаций, причалов.

Функциональное описание устройства: Автоматизированная система, в которой происходит передача управляющего воздействия от оператора к ТНПА, находящемуся в толще воды. А также, реализована обратная связь в виде массива данных с датчиков и изображения с камеры.

Техническое описание устройства: Робот включает в себя 6 двигателей, 4 из которых имеют векторное расположение. Помимо этого робот оснащен камерой, выполняющую осмотровую функцию, датчиком. Задания миссии требуют использования элемента захвата, в качестве которого на аппарате установлен манипулятор с жёсткой фиксацией в передней нижней части.

Требования: Действующий прототип робота. Дистанционное управление роботом. Управление в ручном и полуавтоматическом режимах.

План работ: *рекомендуемый шаг: 1-2 мес.*

Наименование работ	Срок
Моделирование системы подводного робота	<i>Сентябрь-октябрь, 2022</i>
Разработка и проектирование макета	<i>Ноябрь-декабрь, 2022</i>
Монтаж электрической схемы	<i>Январь-февраль, 2023</i>
Сборка ТНПА	<i>Март, 2023</i>
Составление программного кода	<i>Апрель-май, 2023</i>

Комментарии:

---

---

---

---

---

Перечень графического материала:

1. Принципиальная схема;
2. Чертежи изделия (или трехмерные модели изделия);
3. Внешний вид изделия;
4. Блок-схема алгоритмов (при наличии управляющих программ);

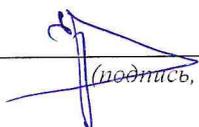
---

---

---

---

Руководитель проекта

  
(подпись, дата)

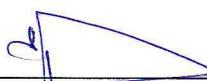
*Д.О. Савельев*

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

**ПАСПОРТ**

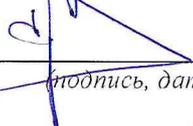
**«Подводный робот для проведения сварочных работ»**

Руководитель проекта

  
19.06.2023  
(подпись, дата)

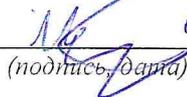
Д.О. Савельев

Наставник проекта  
(При наличии)

  
19.06.2023  
(подпись, дата)

Д.О. Савельев

Исполнители проекта

  
17.06.2023  
(подпись, дата)

Н.С. Шушарин

Комсомольск-на-Амуре 20 23

## 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 .....	13
5	Устройство и описание работы изделия .....	14
5.1	Устройство изделия .....	14
5.2	Описание работы изделия .....	15
6	Условия эксплуатации .....	17
6.1	Меры безопасности.....	17
6.2	Правила хранения и транспортирования.....	19
	ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	7
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....	7

					СКБФЭУ.1.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		6

## 1 Общие положения

Настоящий паспорт является документом, предназначенным для ознакомления с основными техническими характеристиками, устройством, правилами установки и эксплуатации устройства «Подводный робот для проведения сварочных работ» (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 – «Подводный робот для проведения сварочных работ».

### 1.2 Наименования документов, на основании которых ведется проектирование изделия

Проектирование «Подводный робот для проведения сварочных работ» осуществляется на основании требований и положений следующих документов:

### 1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке изделия

Заказчиком проекта «Подводный робот для проведения сварочных работ» 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 «Подводный робот для проведения сварочных работ» являются Конструкторы студенческого конструкторского бюро «Промышленная робототехника» (далее СКБ), студент группы 0МРб-1, Шушарин Н.С.

					<b>СКБФЭУ.1.ИП.01000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		7

#### 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.

					СКБФЭУ.1.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		8

## 2 Назначение и принцип действия

### 2.1 Назначение изделия

Подводный робот для проведения сварочных работ – это подводный аппарат, часто называемый роботом, который управляется оператором или группой операторов (пилот, навигатор и др.) с борта судна. Аппарат связан с судном сложным грузонесущим кабелем, через который на аппарат поступают сигналы дистанционного управления и электропитание. Пилот находится на борту судна, поэтому аппарат необитаемый.

В состав изделия входят: Лист поликарбонат монолитный 1000\*1000\*3, мотор коллекторный 4 шт., плата Arduino 2 шт., драйвер двигателя 4 шт., джойстик управления 1 шт., провод 1м.

### 2.2 Области использования изделия

Подводный робот может выполнять различные сварочные задачи, включая:

1. Сварка трубопроводов: подводный робот может использоваться для сварки трубопроводов на морском дне, в том числе для соединения трубопроводов между собой или для соединения трубопровода с платформой или судном.

2. Сварка креплений и узлов: подводный робот может использоваться для сварки креплений и узлов на морском дне, включая сварку анкерных креплений, грузоподъемных устройств и других узлов.

3. Ремонт корпуса судна: подводный робот может быть использован для сварки дефектов на корпусе судна под водой, что позволяет избежать длительного времени простоя судна на ремонте на верфи.

4. Ремонт подводных сооружений: подводный робот может использоваться для ремонта и замены дефектных частей подводных сооружений, таких как нефтегазовые скважины и морские платформы.

					<b>СКБФЭУ.1.ИП.01000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		9

5. Сварка и ремонт подводных конструкций: подводный робот может быть использован для сварки и ремонта различных подводных конструкций, таких как буровые установки, линии связи и другие.

6. Сварка в труднодоступных местах: подводный робот может быть использован для сварки в труднодоступных местах, куда человеку трудно добраться, таких как между корпусом судна и оборудованием на нем, или между частями подводных сооружений.

### 2.3 Принцип действия изделия

Подводный робот для проведения сварочных работ должен обладать рядом технических характеристик и соответствующих требований. Наиболее важными из них являются глубина погружения, управление и навигация, надежность и безопасность, мощность, система связи, гидравлическая система, водонепроницаемость, грузоподъемность.

Для управления и навигации робот должен быть оснащен соответствующей системой, позволяющей ему точно перемещаться в водной среде и выполнять заданные задачи. Робот должен быть надежным и безопасным в эксплуатации, чтобы предотвратить возможность аварий или несчастных случаев.

Мощность робота должна быть достаточной, чтобы справиться с задачами по сварке в условиях большой глубины. Система связи должна быть надежной для передачи данных и управления с поверхности. Гидравлическая система обеспечивает выполнение сварочных работ и других задач. Робот должен быть водонепроницаемым, чтобы избежать проникновения воды внутрь корпуса и повреждения электроники.

					<b>СКБФЭУ.1.ИП.01000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		10

### 3 Состав изделия и комплектность

В комплект поставки входит:

- Подводный робот для проведения сварочных работ
- Паспорт

					СКБФЭУ.1.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		11

#### 4 Технические характеристики

Корпус аппарата выполнен из пластика представляет из себя сборку из следующих основных элементов: верхние и нижние грани, 4 стенки, ребра жесткости, крепежи установки оборудования. Также, в механическую конструкцию робота входят: 6 электродвигателей, блок камеры, блок электроники, датчики. Четыре из шести двигателей расположены в горизонтальной плоскости векторным способом. Такая особенность расположения двигателей дает возможность реализовать продольное перемещение ТНПА и боковое. Вертикальная группа двигателей позволяет производить погружение-всплытие ТНПА, а также стабилизировать его по углам крена и дифферента.

В процессе автоматизированной мокрой сварки необходимо контролировать следующие параметры: расстояние до сварочного объекта, глубину, температуру, давление, толщину металлической конструкции. Чтобы следить за этими параметрами в аппарат требуется добавить ряд датчиков: ультразвуковой датчик расстояния (дальномер), глубиномер, датчик температуры, ультразвуковой толщиномер.

В качестве навесного оборудования на ТНПА рекомендуем добавить манипулятор с электрододержателем, кабель «массы», а также электрод с водонепроницаемым покрытием. Манипулятор будет размещен на нижней горизонтальной части корпуса аппарата. Электрододержатель, зафиксированный на захвате манипулятора, обладает как минимум тремя степенями свободы, такое число достигается использованием в конструкции манипулятора кареточного актуатора с шаговым электродвигателем.

					<b>СКБФЭУ.1.ИП.01000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		12

#### 4.1 Основные технические характеристики

Основные технические характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики

Наименование параметра	Значение
Скорость перемещения, м/с	2,5
Питание, В	12В
Габариты, мм	350*350*110
Масса нетто, кг	0,95кг

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

СКБФЭУ.1.ИП.01000000

Лист

13

## 5 Устройство и описание работы изделия

### 5.1 Устройство изделия

Система управления подводным роботом для проведения сварочных работ обычно состоит из нескольких основных компонентов, которые взаимодействуют между собой для управления движением, сварочным процессом и другими функциями робота.

В качестве пульта управления оператора используется компьютер и два джойстика управления. На монитор компьютера выводится изображение с камеры ТНПА, а также компьютер является частью коммуникационной системы, передающей управляющие сигналы на робота по интерфейсу RS-485, который обеспечивает передачу сигнала на длинное расстояние. Двигатели получают на свои входы ШИМ сигналы, а сервоприводы манипулятора принимают сигналы и микроконтроллера.

Структурная схема изделия представлена на рисунке 1:

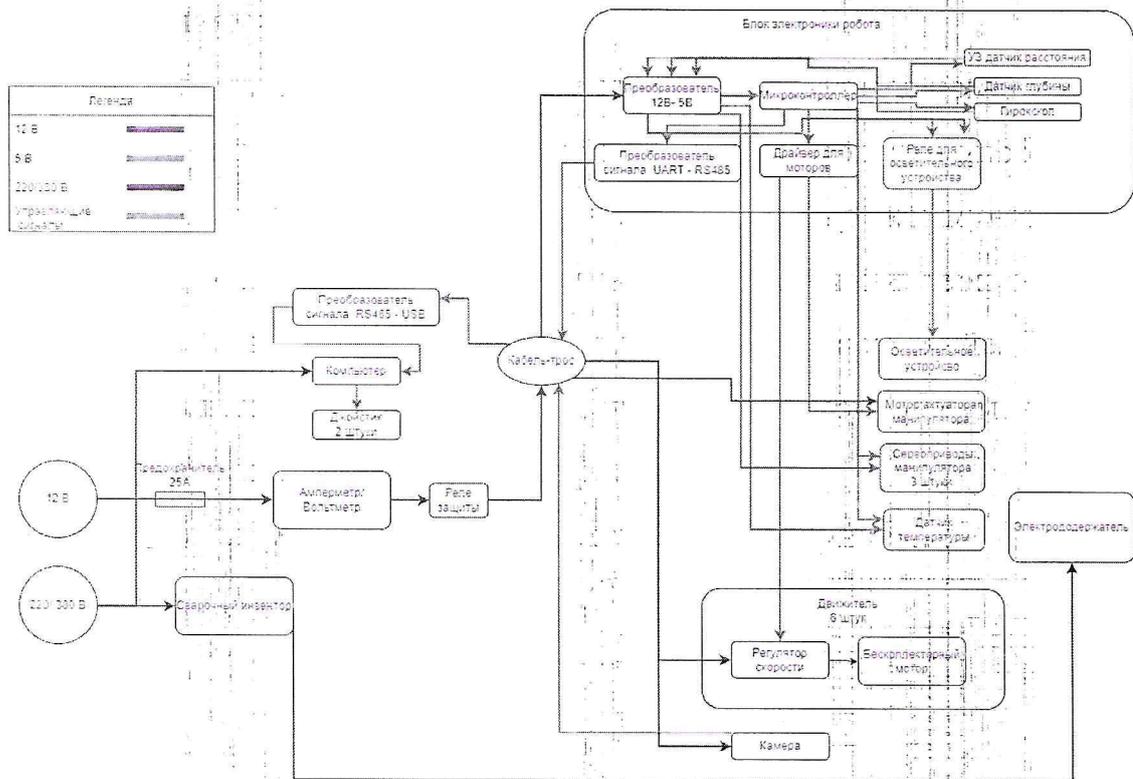


Рисунок 1 – Структурная схема изделия

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

СКБФЭУ.1.ИП.01000000

Лист

14

Система управления подводным роботом для проведения сварочных работ обычно состоит из нескольких основных компонентов, которые взаимодействуют между собой для управления движением, сварочным процессом и другими функциями робота.

В качестве пульта управления оператором используется компьютер и джойстика управления. На монитор компьютера выводится изображение с камеры ТНПА, а также компьютер является частью коммуникационной системы, передающей управляющие сигналы на робота по интерфейсу RS-485, который обеспечивает передачу сигнала на длинное расстояние. Двигатели получают на свои входы ШИМ сигналы, а сервоприводы манипулятора принимают сигналы и микроконтроллера.

## 5.2 Описание работы изделия

Рекомендации по использованию подводного робота для проведения сварочных работ включают:

1. Предварительное изучение топографии местности: необходимо провести детальное исследование дна и обстановки в зоне проведения работ, чтобы определить возможные препятствия и опасности для робота.

2. Техническое обслуживание и обучение персонала: для эффективного использования подводного робота необходимо обеспечить его регулярное техническое обслуживание, а также обучение персонала по работе с управлением и технической поддержке робота.

3. Выбор наилучшей погоды и морского состояния: для обеспечения безопасной работы робота и улучшения качества сварочных работ необходимо выбирать наилучшую погоду и морское состояние.

4. Подготовка сварочного оборудования: необходимо подготовить сварочное оборудование, которое будет использоваться с роботом, и обеспечить его правильную установку и настройку.

					<b>СКБФЭУ.1.ИП.01000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		15

5. Разработка стратегии работ: необходимо разработать стратегию проведения сварочных работ с использованием подводного робота, включая выбор наилучшего места для сварки, определение необходимых параметров и настройки робота, а также контроль за процессом сварки и роботом в целом.

6. Обеспечение безопасности: необходимо соблюдать все правила и меры безопасности при работе с подводным роботом, включая обеспечение безопасности персонала, защиту от возможных аварий и поломок робота, а также защиту окружающей среды.

7. Соблюдение стандартов и регулятивных требований: необходимо соблюдать все соответствующие стандарты и регулятивные требования, связанные с работой подводного робота и проведением сварочных работ вообще.

Структурная схема математической модели подводного робота с применением ПИД-регулятора приведена в Приложении А.

					СКБФЭУ.1.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		16

## 6 Условия эксплуатации

- Глубина: Робот должен быть способен работать на глубине до 5 метров.
- Температура: Робот должен функционировать в температурном диапазоне от  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ .
- Давление: Робот должен быть способен выдерживать давление до 30 бар.
- Соленость воды: Робот должен быть устойчив к высокой солености воды, до 35 г/л.
- Видимость и освещение: Робот должен обеспечивать видимость в условиях с ограниченной видимостью.
- Устойчивость к течению: Робот должен быть способен работать в условиях с течением со скоростью до 2 узлов.
- Соответствие нормативам и стандартам: Робот и его системы управления должны соответствовать международным нормативам и стандартам безопасности и экологической совместимости, таким как ISO 13628-7 и IEC 60079.

### 6.1 Меры безопасности

Необходимо соблюдать требования техники безопасности.

1. Обучение и квалификация персонала: Все операторы и технический персонал, работающие с подводным роботом, должны иметь соответствующее обучение и квалификацию. Они должны быть ознакомлены с принципами работы робота, процедурами безопасности и правилами эксплуатации.

2. Использование защитной экипировки: Персонал должен быть оснащен необходимой защитной экипировкой, такой как средства индивидуальной защиты, спасательные жилеты и дыхательные аппараты, в случае аварийных ситуаций или потенциальной угрозы для их безопасности.

					<b>СКБФЭУ.1.ИП.01000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		17

3. Оценка рисков и разработка процедур безопасности: Перед началом работ необходимо провести оценку рисков и разработать соответствующие процедуры безопасности. Это включает определение потенциальных опасностей, анализ рисков и разработку инструкций по безопасной эксплуатации робота.

4. Регулярная проверка и обслуживание: Робот должен регулярно проходить проверку и обслуживание, чтобы обеспечить его надлежащую работоспособность и безопасность. Это включает проверку систем связи, электрических компонентов, гидравлических систем и других важных элементов.

5. Мониторинг окружающей среды: При работе подводного робота необходимо постоянно контролировать состояние окружающей среды, такое как течение, температура воды и уровень кислорода. Это поможет предотвратить возможные опасности и принять соответствующие меры безопасности.

6. Аварийные процедуры и план эвакуации: Необходимо разработать аварийные процедуры и план эвакуации, чтобы быть готовыми к возможным аварийным ситуациям. Персонал должен быть обучен этим процедурам и знать, как действовать в случае чрезвычайной ситуации.

					СКБФЭУ.1.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		18

## 6.2 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  $20 \pm 5$  °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.

					СКБФЭУ.1.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		19

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

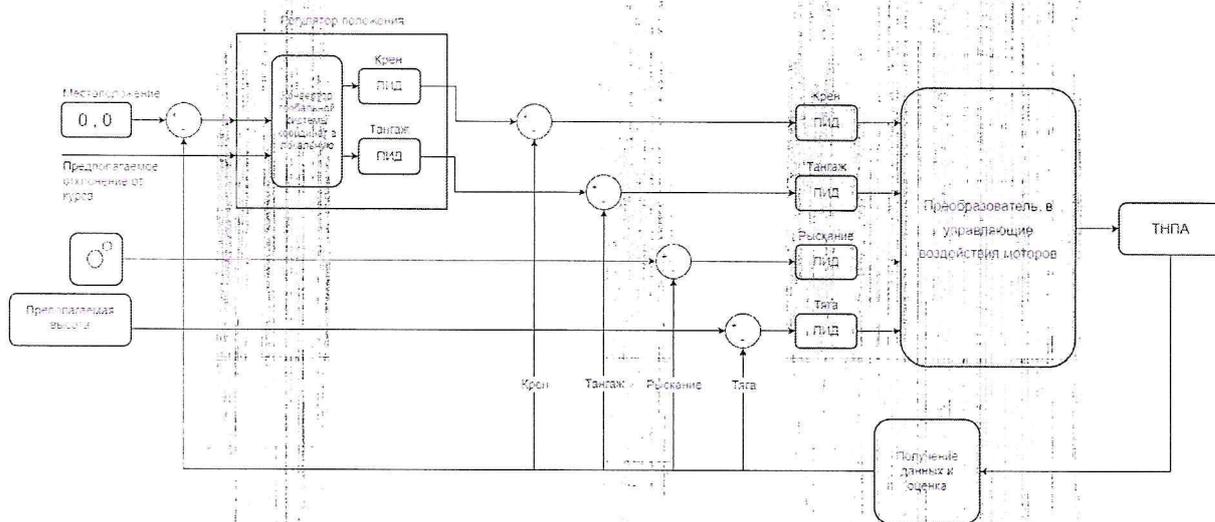


Рисунок 2 – Структурная схема математической модели подводного робота с применением ПИД-регулятора

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

СКБФЭУ.1.ИП.01000000

Лист

20

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

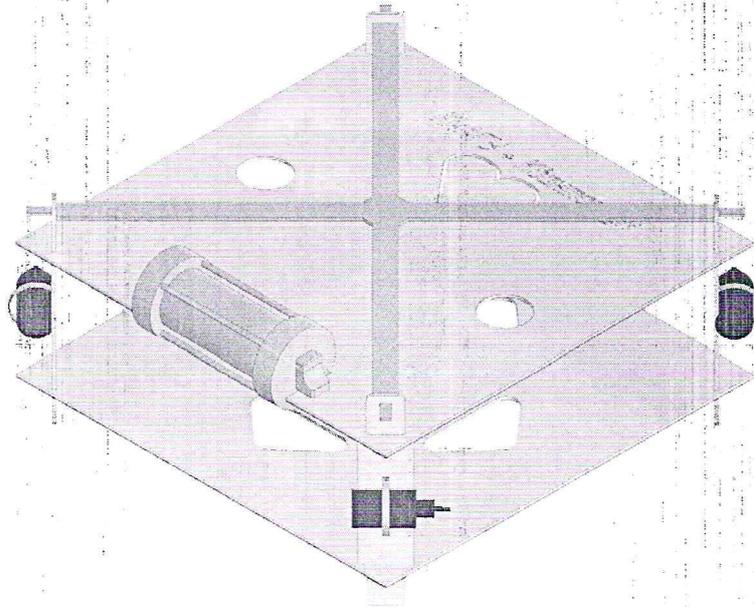


Рисунок 3 – Внешний вид трёхмерной модели прототипа ТНПА

					СКБФЭУ.1.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		21

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС

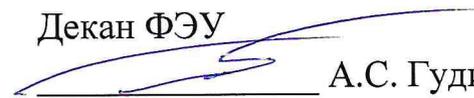
  
(подпись) Е.М. Димитриади  
« 19 » 06 20 23 г.

УТВЕРЖДАЮ

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

  
(подпись) А.В. Космынин  
« 19 » 06 20 23 г.

Декан ФЭУ

  
(подпись) А.С. Гудим  
« 19 » 06 20 23 г.

АКТ

о приемке в эксплуатацию проекта  
«Подводный робот для проведения сварочных работ»

г. Комсомольск-на-Амуре

« 19 » 06 20 23 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,
- Д.О. Савельев – наставник проекта,
- Н.С. Шушарин – ОМРБ-1,

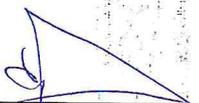
составила акт о нижеследующем:

составила акт о нижеследующем:

«Исполнитель» передает проект «Подводный робот для проведения сварочных работ», в составе:

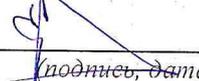
1. Опытный экземпляр робота
2. Комплект документации

Руководитель проекта

  
\_\_\_\_\_

Д.О. Савельев

Наставник проекта  
(При наличии)

  
\_\_\_\_\_

Д.О. Савельев

Исполнители проекта

  
\_\_\_\_\_

Н.С. Шушарин