

Министерство образования и науки Российской Федерации

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



УТВЕРЖДАЮ

Декан ЭТФ

\_\_\_\_\_ А.С. Гудим

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой ПЭ

\_\_\_\_\_ Д.А. Киба

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

**Аппаратно-программный комплекс  
«Система управления безэкипажным катером»  
Комплект конструкторской документации**

Руководитель СКБ

Подпись/дата

Ю.С. Иванов

Ответственный исполнитель

Подпись/дата

Т.И. Иванова

**Комсомольск-на-Амуре 2019**

## Карточка проекта

<b>Название</b>	Аппаратно-программный комплекс «Система управления безэкипажным катером»
<b>Тип проекта</b>	<u>В рамках конкурса УМНИК</u> (инициативный, по заказу, в рамках конкурса, учебная работа, другое)
<b>Исполнители</b>	<u>Иванова Т.И. – 8УПМ-1</u> ответственный исполнитель
<b>Срок реализации</b>	<u>11.2018-04.2020</u> Месяц, год

### Использованные материалы и компоненты

Наименование	Количество, шт
Jetson TX2	1
IP камера в корпусе IP67	4
Акселерометр ADXL345	1
Датчик влажности LM393	1
Помповый движатель CH8028 3500GPH	2
Транзистор IRL3705N	2

Министерство образования и науки Российской Федерации

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



## **ЗАДАНИЕ** **на разработку**

Выдано студентам:

Ивановой Т.И. – 8УПм-1 \_\_\_\_\_

Название проекта:

Аппаратно-программный комплекс «Система управления безэкипажным катером» \_\_\_\_\_

Назначение:

Предназначен для управления моторами, рулями судна; принимает и анализирует информацию со множества навигационных датчиков. Основным источником информации служит оптическая информация, поступающая с видеокакамер. Изделие способно интегрироваться с существующим судном используя ряд стандартных морских интерфейсов, таких как NMEA 0183 и 2000, системы управления шинами CAN а также простые электрические интерфейсы. \_\_\_\_\_

Область использования:

Морские и речные порты, транспортные компании, нефтегазовая отрасль, океанография, спасательные службы \_\_\_\_\_

Функциональное описание устройства:

Система управления безэкипажным катером устанавливается в дополнение к существующему бортовому компьютеру, позволит получить USV

практически из любого современного катера, поддерживающего современные протоколы обмена информации между узлами. Предусматривается следующий функционал:

- Загрузка карт
- Прокладка курса
- Поиск объектов в режиме патрулирования квадратов
- Построение карт глубины
- Слежение за целью

При необходимости функционал может быть расширен путем компоновки стандартных блоков в правила, необходимые конечному пользователю. \_\_\_\_\_

Техническое описание устройства:

Встраиваемый вычислительный модуль во влагозащищенном корпусе со спецификацией, сертифицированной по стандарту IP67. На корпусе устройства расположены выводы для подключения датчиков и камер.

Весь комплект будет состоят из следующих компонент:

- Вычислительно-управляющий (основной) модуль
- 4 камеры во влагозащитном корпусе
- Интерфейсы для подключения дополнительных датчиков (LIDAR/сонар) или тепловизионной камеры.

Для подключения к изделию (для настройки и программирования) без вскрытия корпуса используется WI-FI сеть в режиме AP. В целях экономии заряда на корпусе расположена герметичная кнопка с фиксацией, включающая беспроводную сеть. Основная настройка выполняется через web интерфейс, тонкая конфигурация, перепрошивка или программирование системы выполняется в режиме SSH или VNC.

При подключении через web можно выбрать режим работы устройства, настроить управление двигателями, подключить датчики, сконфигурировать задачи. \_\_\_\_\_

Требования:

Изделие должно быть интерактивным, безопасным, надежным, мобильным, эстетичным, энергоэффективным. Датчики должны быть выполнены в пылезащищенном (брызгозащищенное, влагозащищенное) конструктивном исполнении, защищенном от попадания внутрь пыли (брызг воды, влаги) IP67

---

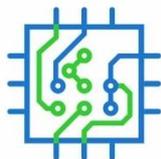
План работ:

Наименование работ	Срок
Разработать структурную схему	02.2019
Определить список комплектующих	03.2019
Собрать прототип на макетной плате	05.2019
Разработка архитектуры и обучение нейросетевых моделей для детектирования и распознавания надводных объектов	05.2019
Разработка лабораторного образца основного модуля во влагозащищенном корпусе	08.2019
Разработка алгоритмов для управления и принятия решений в морской навигации	10.2019
Разработка интерфейса администратора лабораторного образца для удаленной настройки и конфигурирования	12.2019
Составить паспорт	01.2020
Провести испытания	04.2020



Министерство образования и науки Российской Федерации

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



**СКБ ЭТФ**

СТУДЕНЧЕСКОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА КНАГУ

## **ПАСПОРТ**

**Аппаратно-программный комплекс**

**«Ссистема управления безэкипажным катером»**

Руководитель СКБ

Ю.С. Иванов

Подпись/дата

Ответственный исполнитель

Т.И. Иванова

Подпись/дата

**Комсомольск-на-Амуре 2019**

## Содержание

1	Общие положения .....	9
1.1	Наименование изделия .....	9
1.2	Наименования документов, на основании которых ведется проектирование системы.....	9
1.3	Перечень организаций, участвующих в разработке системы .....	9
1.4	Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах .....	10
2	Назначение и принцип действия .....	11
2.1	Назначение изделия .....	11
2.2	Области использования изделия .....	11
2.3	Принцип действия.....	11
3	Состав изделия и комплектность.....	12
4	Технические характеристики изделия .....	13
5	Устройство и описание работы изделия.....	14
5.1	Устройство и принцип работы изделия.....	14
5.2	Описание работы изделия .....	21
6	Условия эксплуатации .....	23
6.1	Правила и особенности размещения изделия .....	23
6.2	Меры безопасности.....	23
6.3	Правила хранения и транспортирования.....	24
	ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	25

					СКБЭТФ.2.ИП.010000ЭЗ	Лист
						8
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		

## **1 Общие положения**

Настоящий паспорт является документом, предназначенным для ознакомления с основными техническими характеристиками, устройством, правилами установки и эксплуатации устройства «Система управления безэкипажным катером» (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 управления безэкипажным катером» (АПК СУБК).

### **1.2 Наименования документов, на основании которых ведется проектирование системы**

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

- задание на разработку.

### **1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке системы**

Заказчиком создания АПК СУБК являются Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фонд содействия инновациям), гос. Контракт 13631ГУ/2018 от 20.03.2019 «Разработка программно-аппаратного комплекса для управления безэкипажным катером с использованием методов глубинного обучения» и Федеральное

					СКБЭТФ.2.ИП.010000ЭЗ	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		9

государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (далее заказчик), находящееся по адресу: 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, Ленина пр-кт., д. 27.

Исполнителем работ по созданию АПК СУБК являются Конструктор студенческого конструкторского бюро электротехнического факультета (далее СКБ ЭТФ), студентка группы 8УПм-1, Иванова Татьяна Игоревна.

#### **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.

					СКБЭТФ.2.ИП.010000ЭЗ	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		10

## **2 Назначение и принцип действия**

### **2.1 Назначение изделия**

Система управления безэкипажным катером устанавливается в дополнение к существующему бортовому компьютеру, позволит получить USV практически из любого современного катера, поддерживающего современные протоколы обмена информации между узлами. Основным источником информации служит оптическая информация, поступающая с видеокамер. Изделие способно интегрироваться с существующим судном используя ряд стандартных морских интерфейсов, таких как NMEA 0183 и 2000, системы управления шинами CAN а также простые электрические интерфейсы.

### **2.2 Области использования изделия**

Изделие может применяться в морских и речных портах, транспортных компаниях, нефтегазовой отрасли, океанографии, спасательных служб для получения безэкипажных автоматических малых судов.

### **2.3 Принцип действия**

Оператор задает маршрутное задание и правила реагирования системы с нештатных ситуациях. Информация, поступающая с камер обзора, анализируется вычислительным модулем. В случае возникновения угрозы столкновения или придетекции объекта, правила для которого прописаны в маршрутном задании выполняется алгоритм управления. В качестве экспертных мнений используются база правил предупреждения столкновений судов в море. При возникновении ситуации не предусмотренной правилами, управление передается на удаленный пульт.

					СКБЭТФ.2.ИП.01000033	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		11

### 3 Состав изделия и комплектность

В комплект поставки входит:

- Вычислительно-управляющий (основной) модуль.
- 4 камеры во влагозащитном корпусе.
- Комплект кабелей.
- Паспорт.

					СКБЭТФ.2.ИП.010000ЭЗ	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		12

#### 4 Технические характеристики изделия

Основные технические характеристики изделия приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики изделия

Наименование параметра	Значение
Число ядер CUDA, шт.	256
Процессор	Cortex-A57
Разрешение камер, пикс.	1920x1280
Скорость распознавания объекта на кадре, с	0,5
Энергопотребление, Вт.	10
Интерфейсы	UART, SPI, I2C, I2S, GPIO
Габариты, мм	350x350x200
Масса нетто, кг	1





$$\sigma(z) = \max(0, z). \quad (2)$$

Слой подвыборки определяется следующей формулой:

$$\mathbf{u}^n = \sigma(a \cdot \text{subsample}(\mathbf{u}^{n-1}) + b), \quad (3)$$

где  $\mathbf{u}^n$  – выход слоя  $n$ ,  $\sigma$  – функция активации,  $a, b$  – коэффициенты, *subsample* операция выборки локальных максимальных значений.

Последний слой является полносвязным слоем SoftMax:

$$\mathbf{u}^n = \sigma \left( \sum_i \mathbf{u}_i^{n-1} \cdot \omega_{ij}^{n-1} + b_j^{n-1} \right), \quad (4)$$

где  $b$  – коэффициент сдвига,  $\omega$  – матрица весовых коэффициентов.

На вход сети подается изображение  $\mathbf{I}^t$ , которое приводится к размеру  $448 \times 448$  пикселей, после чего оно делится сеткой размером  $q \times q$ . Если центр объекта попадает в ячейку сетки, эта ячейка сетки отвечает за обнаружение этого объекта.

В каждой ячейке  $Q_{m,n}$ , где  $m, n \in (1, \dots, q)$ , содержатся 2 вектора  $\mathbf{b}_1, \mathbf{b}_2$  размером  $1 \times 5$  и вектор  $\mathbf{c}$ . Каждый из векторов  $\mathbf{b}_1, \mathbf{b}_2$  содержит предполагаемые  $x, y$  – координаты центра объекта относительно ячейки  $Q_{m,n}$ ,  $w \times h$  – ширину и высоту объекта относительно изображения  $\mathbf{I}^t$ , а также

степень доверия  $P = P(o) \cdot IoU_{pred}^{truth}$ , где  $IoU$  (Intersection over Union) – операция отношения площади пересечения прямоугольников к сумме их площадей,  $o$  – объект,  $P(o)$  – вероятность появления объекта.  $\mathbf{c}$  – вектор размером  $1 \times 20$ , содержащий вероятность отнесения объекта к классу

относительно всех классов  $\mathbf{c}_i = P(\mathbf{s}_{\text{ТОД}_i} | o)$  для  $\mathbf{b}_1$  и  $\mathbf{b}_2$ , где  $i = 1 \dots 20$ . Тогда выход сети представляет собой тензор:

$$\mathbf{Q} = q \times q \times (\mathbf{b} * 5 + \mathbf{c}) \quad (5)$$

					СКБЭТФ.2.ИП.010000ЭЗ	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		16





Рисунок 6 – Блок распознавания образов

Декомпозиция блока распознавания представлена на рисунке 7.

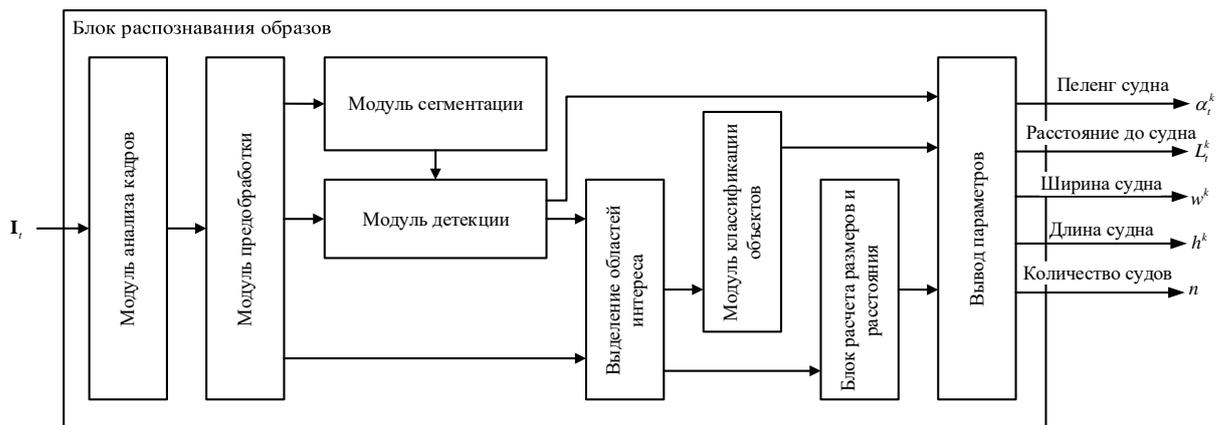


Рисунок 7 – Декомпозиции блока распознавания образов

Расчетные блоки представлены на рисунке 8 и рисунке 9 и необходимы для расчета изменения расстояния до судна  $k$  и изменения его пеленга с течением времени.



Рисунок 8 – Блок расчета изменения расстояния

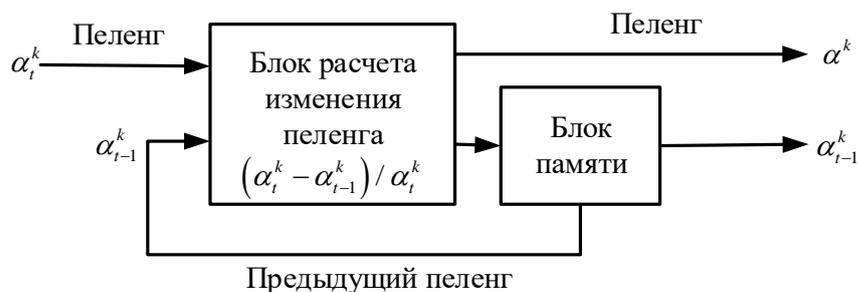


Рисунок 9 – Блок расчета изменения пеленга

Также необходимо рассчитать относительное положение и направление движения пеленгуемых судов к собственному (Рисунок 10).

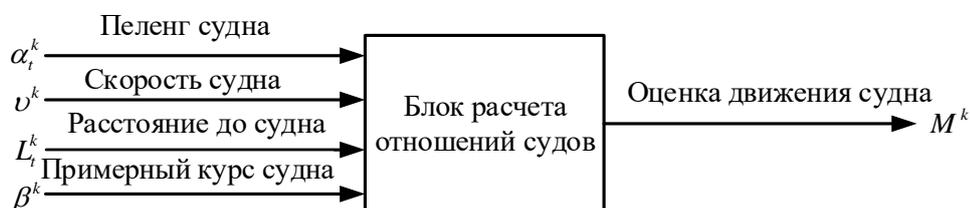


Рисунок 10 – Блок расчета отношений судов

На основании входных и расчетных данных можно представить основные правила следующими структурными схемами.

Правило 7d регламентирует процесс определения вероятности столкновения (Рисунок 11).

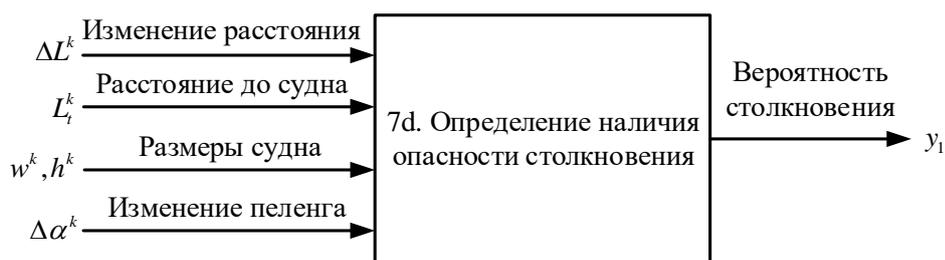


Рисунок 11 – Правило 7d. Блок определения наличия вероятности столкновения

При наличии опасности (высокой вероятности) столкновения необходимо воспользоваться правилами 8b, с, d и 14a и предпринять соответствующие действия (Рисунок 12).



Рисунок 12 – Блок действий по предупреждению столкновения

При необходимости обгона применяется правило 13d (Рисунок 13).

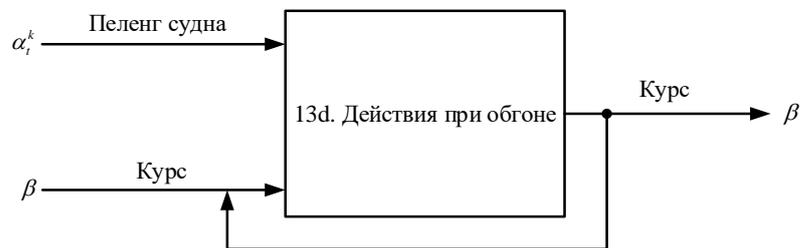


Рисунок 13 – Блок действий при обгоне

Схема на рисунке 14 позволяет смоделировать ситуацию пересечения курсов согласно правилу 15.

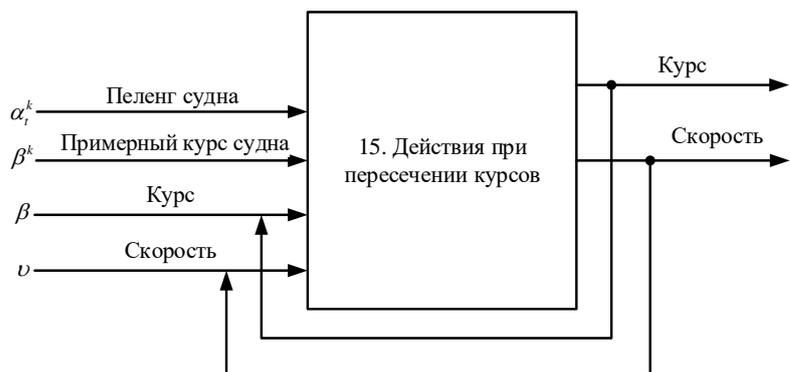


Рисунок 14 – Блок действий при пересечении курсов

В качестве вычислительного блока используется Nvidia Jetson TX2ю  
Схема представлена на Рисунке 15.

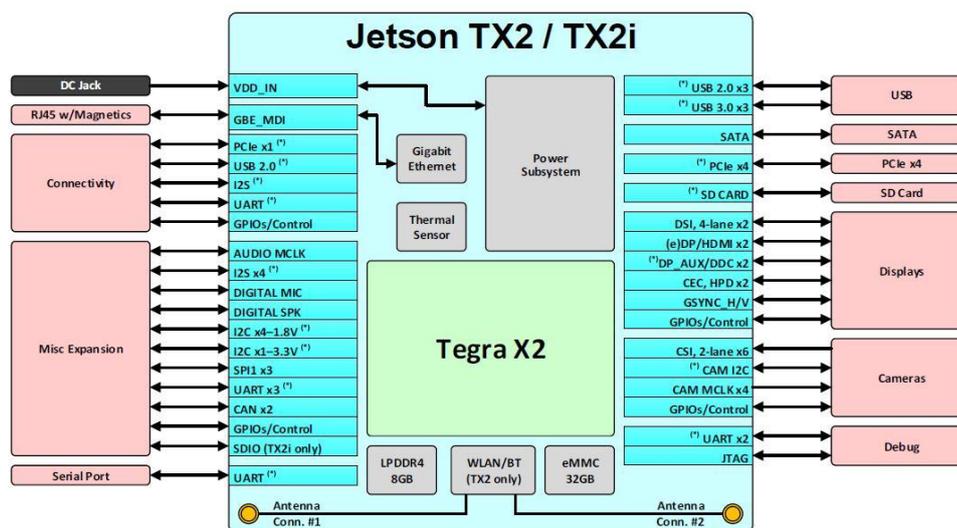


Рисунок 15 – Вычислительный модуль

Принципиальная схема представлена в Приложении А.

## 5.2 Описание работы изделия

Перед началом использования изделия необходимо установить вычислительный блок в катер. Подключение к инфраструктуре выполняется по NMEA 0183 или 2000.

На корпусе устройства выведены герметичные контактные гнезда стандарта IP67 для подключения камер наблюдения, датчиков и коммуникаций по шине CAN и NMEA.

Для подключения к ПАК (для настройки и программирования) без вскрытия корпуса используется WI-FI сеть в режиме AP. В целях экономии заряда на корпусе расположена герметичная кнопка с фиксацией, включающая беспроводную сеть. Основная настройка выполняется через web интерфейс, тонкая конфигурация, перепрошивка или программирование системы выполняется в режиме SSH или VNC.

При подключении через web можно выбрать режим работы устройства, настроить управление двигателями, подключить датчики, сконфигурировать задачи:

						<b>СКБЭТФ.2.ИП.01000033</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.			21

- Прокладка курса.
- Поиск объектов в режиме патрулирования квадратов.
- Построение карт глубины.
- Слежение за целью.

					СКБЭТФ.2.ИП.01000033	Лист
						22
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		

## 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.).

Корпус изделия выполнен в исполнении IP67, что позволяет выполнять кратковременное погружение на глубину до 1 м.

Для обеспечения безотказной работы, сохранения точности и его бережения необходимо соблюдать следующие правила:

- изучить паспорт, прежде чем приступить к работе с изделием;
- предохранять изделие от ударов и повреждений;
- не прикасаться руками к оптическим элементам;
- не допускать самостоятельную разборку изделия.

### 6.1 Правила и особенности размещения изделия

**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;

					СКБЭТФ.2.ИП.010000ЭЗ	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		23

- после транспортировки в холодное время года изделие необходимо выдержать при комнатной температуре не менее двух часов;
- внутренние осмотры и ремонт изделия должны производиться только специалистами предприятия-изготовителя;
- не устанавливайте изделие на неустойчивой подставке, стойке или ненадежном кронштейне.

### 6.3 Правила хранения и транспортирования

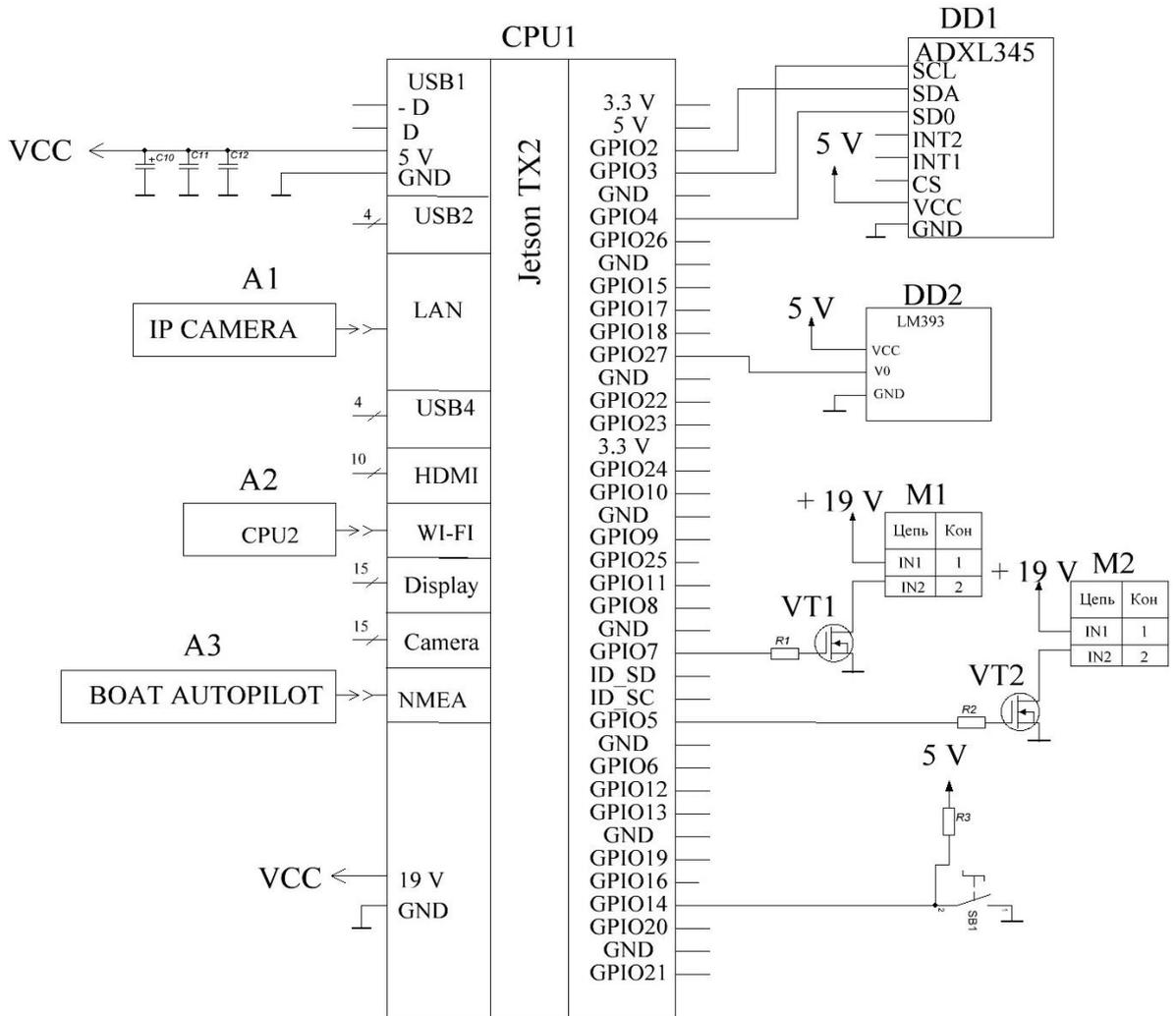
Транспортирование изделия в упакованном виде может производиться железнодорожным, автомобильным (в закрытых транспортных средствах), воздушным, речным и морским видами транспорта в соответствии с правилами перевозок грузов, действующих на транспорт данного вида. Условия транспортирования изделия по части 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  $20\pm 5^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха не более 80%.

					<b>СКБЭТФ.2.ИП.01000033</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		24

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)



Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

СКБЭТФ.2.ИП.01000033

Лист

25





Рисунок А1 – Внешний вид прототипа

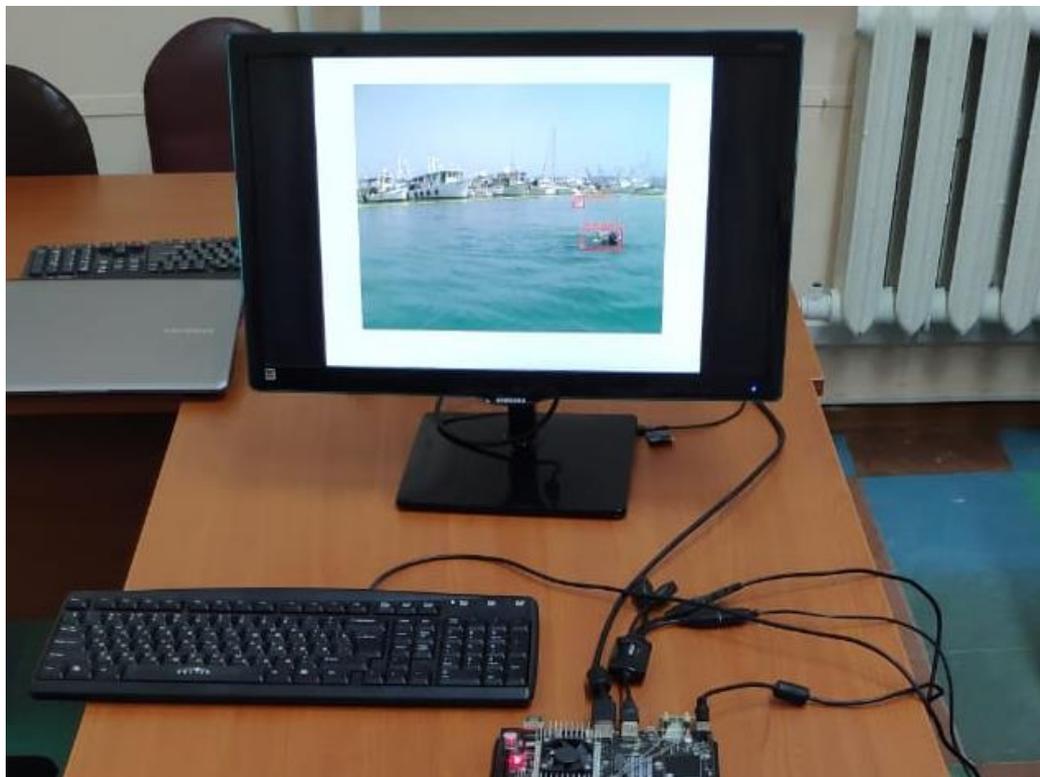


Рисунок А2 – Тестирование алгоритма распознавания

					<b>СКБЭТФ.2.ИП.010000ИЛ</b>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		27

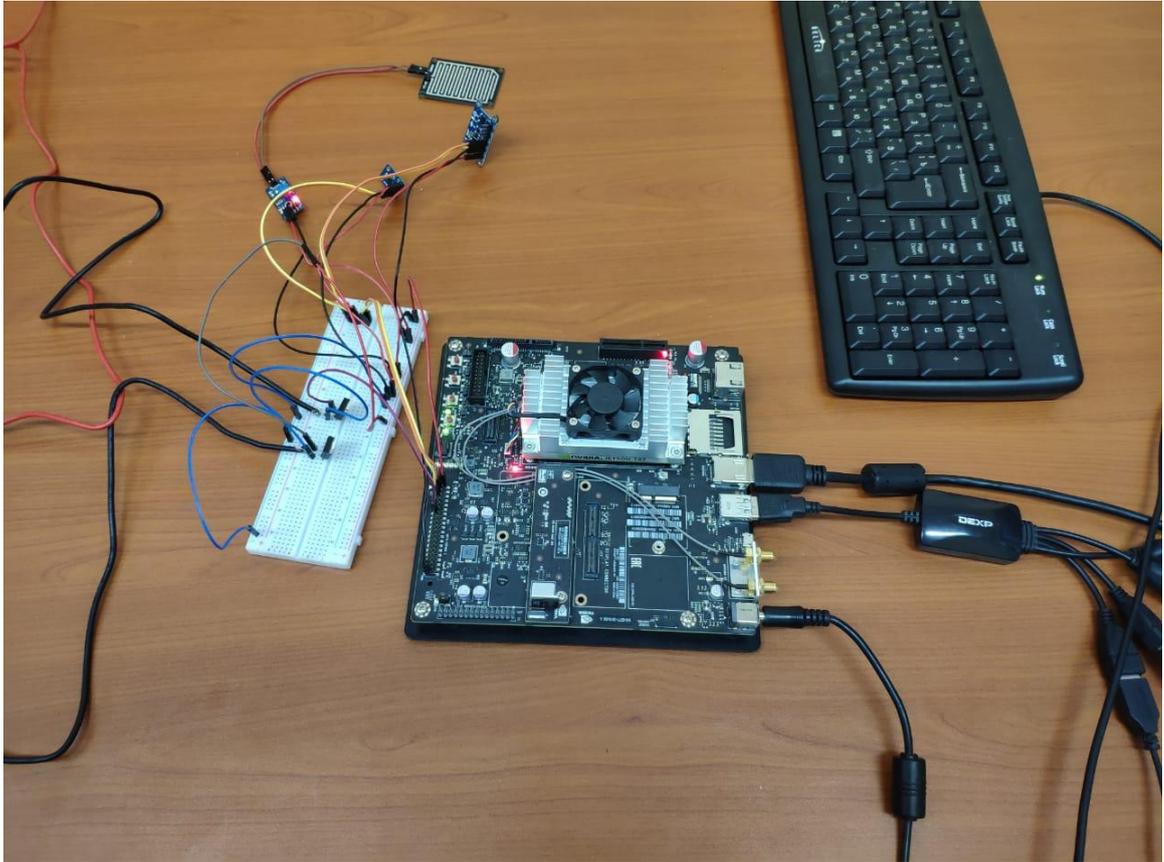


Рисунок А3 – Вычислительный модуль Jetson с системой защиты от протечки

					СКБЭТФ.2.ИП.010000ИЛ	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		28

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

УТВЕРЖДАЮ

Декан ЭТФ

\_\_\_\_\_ А.С. Гудим

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой ПЭ

\_\_\_\_\_ Д.А. Киба

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

**АКТ**

**о приемке в эксплуатацию аппаратно-программного комплекса  
«Система управления безэкипажным катером»**

г. Комсомольск-на-Амуре

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

Комиссия в составе представителей:

заказчика Ю.С. Иванов – руководитель СКБ ЭТФ, Д.А. Киба – Заведующий кафедрой ПЭ,

исполнителя Т.И. Иванова – 8УПм-1

составила акт о нижеследующем:

«Исполнитель» передает аппаратно-программный комплекс «Система управления безэкипажным катером», в составе:

Оборудование, в составе:

- Вычислительно-управляющий (основной) модуль);
- 4 камеры во влагозащитном корпусе;
- Модуль питания оружия.

Программное обеспечение, в том числе:

- Рабочие программы управления изделием.

Эксплуатационная документация:

- Паспорт изделия

Аппаратно-программный комплекс «Система управления безэкипажным катером» прошел опытную эксплуатацию с « » \_\_\_\_\_ по « » \_\_\_\_\_ 2020г. и признан годным к эксплуатации. Были протестированы все режимы функционирования, отказы системы, а также аварийные отключения по вине системы не наблюдались.

Руководитель СКБ

Ответственный исполнитель

\_\_\_\_\_/ Ю.С. Иванов /

\_\_\_\_\_/ Т.И. Иванова/

