

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор

АО «Петрозаводскмаш»

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

«    » \_\_\_\_\_ 2025 г.

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор

АО ЦПР «ЭФЭР»

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

«    » \_\_\_\_\_ 2025 г.

**АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА  
ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА БАЗЕ БПЛА  
(АСМПБ «ЭФЭР-ГАРДИАН»)**

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

**Версия 1.0.0**

**ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ**

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник ОИТ-Главный инженер

\_\_\_\_\_ Беспилотный А.А.

«    » \_\_\_\_\_ 2025 г.

**РАЗРАБОТЧИКИ**

\_\_\_\_\_ Дронов В.В.

\_\_\_\_\_ Летучий К.К.

«    » \_\_\_\_\_ 2025 г.

**АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА  
ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА БАЗЕ БПЛА  
(АСМПБ «ЭФЭР-ГАРДИАН»)**

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

**Версия 1.0.0**

**Листов [17]**

# АННОТАЦИЯ

Настоящая пояснительная записка распространяется на программное обеспечение «Автономная система мониторинга пожарной безопасности на базе БПЛА (АСМПБ «ЭФЭР-ГАРДИАН»)» версии 1.0.0.

Документ содержит описание технических решений, алгоритмов, требований к системе, а также обоснование выбора компонентов и технологий.

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ</b>	<b>3</b>
<b>СОДЕРЖАНИЕ</b>	<b>4</b>
<b>1. ВВЕДЕНИЕ</b>	<b>5</b>
<b>2. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ</b>	<b>5</b>
<b>3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ</b>	<b>5</b>
3.1 Постановка задачи	5
3.2 Описание алгоритма функционирования	5
3.3 Организация данных	6
3.4 Состав технических и программных средств	6
<b>4. ОЖИДАЕМЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ</b>	<b>6</b>
<b>5. ИСТОЧНИКИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ</b>	<b>6</b>
<b>6. ТЕРМИНЫ И СОКРАЩЕНИЯ</b>	<b>8</b>
6.1 Термины и определения	8
6.2 Перечень сокращений	10

# 1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящая разработка выполняется в соответствии с техническим заданием (ТЗ) на создание автономной системы мониторинга пожарной безопасности на базе БПЛА (АСМПБ «ЭФЭР-ГАРДИАН»). Тут надо указать ТЗ, договор с датой. Уточнить почему "постановка задачи" не катит, вроде это являлось основанием для разработки ТЗ.

Основание для разработки: постановка задачи от АО «Петрозаводскмаш».

Исполнитель: АО Центр пожарной робототехники «ЭФЭР».

Дата утверждения ТЗ: 05.12.2025 г.

## 2. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Система предназначена для автономного круглосуточного мониторинга пожарной безопасности в крупногабаритных помещениях (ангары, склады, цеха) с использованием роя БПЛА, оснащенных системой компьютерного зрения для детекции пламени и дыма.

Область применения: промышленные объекты с повышенными требованиями к пожарной безопасности.

## 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

### 3.1 Постановка задачи

Разработать систему на базе БПЛА, способную:

- Автономно патрулировать помещение по заданному маршруту.
- Обнаруживать очаги возгорания и задымления с использованием компьютерного зрения. нейросетевой модели YOLO 11п. Убрать специфику.
- Передавать сигнал тревоги в пожарную сеть предприятия.
- Обеспечивать автоматическую подзарядку.

### 3.2 Описание алгоритма функционирования

- Детекция пламени и дыма с использованием модели YOLO 11n, сконвертированную в TensorFlow Lite для работы с Edge TPU. **Убрать специфику.**
- Навигация на основе SLAM (лидар) и заданных точек маршрута. **Убрать специфику.**
- Режимы работы: патрулирование, обнаружение пожара, возврат на базу, зарядка.
- Взаимодействие с внешними системами: с наземной станцией управления (GCS) – по протоколу MAVLink; с пожарной сетью предприятия – по Wi-Fi (REST API/JSON, RTSP). *Форматы JSON-сообщений приведены в Приложении Б ТЗ.* **Убрать специфику.**

### 3.3 Организация данных (**Что тут не понравилось!?**)

- Входные данные: видеопоток с камер, данные лидара, телеметрия.
- Выходные данные: видео с детекцией, JSON-сообщения для пожарной сети (см. Приложение Б ТЗ), логи. **Убрать специфику.**
- Форматы: H.264 (видео), JSON (данные), MAVLink (телеметрия). **Убрать специфику.**

### 3.4 Состав технических и программных средств

- Полетный контроллер: Pixhawk 6C / Cube Orange+ (ARM Cortex-M7).
- Вычислитель: Raspberry Pi 5 (8 ГБ ОЗУ) + Edge TPU.
- Сенсоры: камера дневного видения, тепловизор, лидар, IMU, барометр.
- ПО: ROS 2 Humble, ArduPilot, YOLO 11n, TensorFlow Lite.

## 4. ОЖИДАЕМЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

- Снижение затрат на ручное патрулирование на 70%. **Обосновать!**
- Увеличение скорости обнаружения пожара до 2 секунд.
- Повышение точности детекции до 98%.
- Снижение рисков для персонала. **Уточнить!**
- Автоматизация процессов зарядки и обслуживания.

## 5. ИСТОЧНИКИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ

При разработке программного обеспечения АСМПБ «ЭФЭР-ГАРДИАН» использованы следующие научно-технические и нормативно-технические источники:

1. Техническое задание на разработку автономного беспилотного летательного аппарата (БПЛА) для мониторинга пожарной безопасности в крупногабаритных помещениях (ангарах). АО «Петрозаводскмаш», 2025 г. **Добавить ГОСТы!**
2. ArduPilot Documentation – официальная документация по прошивке ArduPilot для полетных контроллеров.  
URL: <https://ardupilot.org/>
3. ROS 2 Humble Hawksbill Documentation – документация по фреймворку Robot Operating System 2.  
URL: <https://docs.ros.org/en/humble/>
4. MAVLink Developer Guide – руководство по использованию протокола MAVLink для связи с БПЛА.  
URL: <https://mavlink.io/>
5. YOLOv11: Ultralytics YOLO Documentation – материалы по архитектуре и обучению модели YOLO для детекции объектов.  
URL: <https://docs.ultralytics.com/>
6. TensorFlow Lite Documentation – руководство по конвертации и развертыванию нейросетевых моделей на edge-устройствах.  
URL: <https://www.tensorflow.org/lite>
7. Google Coral Edge TPU Documentation – документация по использованию тензорного процессора Coral для ускорения нейронных сетей.  
URL: <https://coral.ai/docs/>
8. Raspberry Pi 5 Official Documentation – руководство по настройке и использованию одноплатного компьютера.  
URL: <https://www.raspberrypi.com/documentation/>
9. SLAM for Robotics: Tutorials and Papers – материалы по алгоритмам одновременной локализации и построения карты на основе данных лидара.
10. Kalman Filter and PID Control for UAVs – научные публикации и учебные материалы по фильтрации данных IMU и управлению БПЛА.
11. IEEE 802.11 Standards – стандарты беспроводной связи Wi-Fi, используемые для интеграции с пожарной сетью предприятия.

12. REST API Design Guidelines – рекомендации по проектированию программных интерфейсов для взаимодействия с внешними системами.

Все указанные источники использованы для обоснования выбора технологий, алгоритмов и компонентов, описанных в настоящей пояснительной записке.

**Можно детально замутить обоснование выбора технологий!**



## 6. ТЕРМИНЫ И СОКРАЩЕНИЯ

### 6.1 Термины и определения

Термин	Определение (нужно более человечней)
Нода (Узел ROS)	Исполняемый процесс в графе ROS 2, выполняющий вычисления и обмен данными с другими нодами.
Топик (Topic)	Именованный канал, по которому ноды обмениваются сообщениями по принципу «издатель-подписчик».
FMS (Flight Management System)	В контексте ПО – высокоуровневый модуль управления (mission_manager_node), реализующий логику конечного автомата системы.
MAVLink	Легкий протокол обмена сообщениями для связи с бортовым оборудованием (автопилотами).

---

MAVROS	Пакет ROS, обеспечивающий связь между ROS и устройством, использующим протокол MAVLink.
--------	---

---

SLAM	Simultaneous Localization and Mapping – одновременная локализация и построение карты.
------	---

---

Тензорный процессор (TPU)	Специализированный процессор для ускорения операций линейной алгебры, используемых в нейронных сетях.
---------------------------	---

---

Launch-файл	XML- или Python-файл в ROS, позволяющий запускать несколько нод и задавать их параметры одновременно.
-------------	---

---

Геозона	Виртуальный географический периметр, выход за пределы которого запрещен или вызывает определенную реакцию БПЛА.
---------	---

---

Fail-Safe	Заранее запрограммированный безопасный сценарий действий
-----------	--

---

---

системы при возникновении сбоя или отказа.

---

## 6.2 Перечень сокращений

Сокращение	Расшифровка	Подробное описание
ПО	Программное обеспечение	Совокупность программ, процедур, правил и соответствующей документации, относящихся к функционированию системы обработки данных. В контексте проекта – комплекс программных модулей АСМПБ «ЭФЭР-ГАРДИАН».
БПЛА	Беспилотный летательный аппарат	Летательный аппарат без экипажа на борту, управляемый автоматически или оператором дистанционно. В системе используется мультироторный БПЛА (квадрокоптер).

---

GCS	Ground Control Station (Наземная станция управления)	Рабочее место оператора, оснащенное специализированным программным обеспечением (Mission Planner, QGroundControl) и аппаратурой для планирования миссий, управления и мониторинга состояния БПЛА.
ROS 2	Robot Operating System 2	Набор программных библиотек и инструментов для разработки робототехнических систем. В проекте используется версия Humble Hawksbill как основа для межмодульного взаимодействия.
CV	Computer Vision (Компьютерное зрение)	Область искусственного интеллекта, занимающаяся автоматическим извлечением, анализом и пониманием полезной информации из изображений или видеопоследовательностей. В системе реализована для детекции пламени и дыма.

SLAM	Simultaneous Localization and Mapping	Алгоритмическая задача построения карты неизвестной среды с одновременным отслеживанием текущего местоположения агента (БПЛА) внутри нее.
MAVLink	Micro Air Vehicle Link	Протокол обмена сообщениями для связи с бортовым оборудованием беспилотных аппаратов (автопилотами). Используется для связи между полетным контроллером, наземной станцией и бортовым вычислителем.
REST API	Representational State Transfer Application Programming Interface	Архитектурный стиль построения распределенных веб-сервисов. В системе используется для программного взаимодействия с сервером пожарной сети предприятия (обмен JSON-сообщениями).

---

JSON	JavaScript Object Notation	Текстовый формат обмена данными, основанный на синтаксисе JavaScript. Основной формат для сообщений, передаваемых между системой и пожарной сетью предприятия.
------	----------------------------	--

---

RTSP	Real Time Streaming Protocol	Сетевой протокол для управления потоковой передачей мультимедиа в реальном времени. Используется для трансляции видеопотока с борта БПЛА на сервер пожарной сети.
------	------------------------------	---

---

IMU	Inertial Measurement Unit (Инерциальный измерительный модуль)	Электронное устройство, состоящее из акселерометров, гироскопов и иногда магнитометров, предназначенное для измерения линейного ускорения, угловой скорости и ориентации объекта в пространстве.
-----	--	--

---

LiDAR	Light Detection and Ranging	Оптическая технология дистанционного зондирования, измеряющая расстояние до объекта с помощью лазерных импульсов. В системе используется для построения карты помещения и навигации.
RPi	Raspberry Pi	Серия одноплатных компьютеров малого размера. В проекте используется модель Raspberry Pi 5 в качестве основного бортового вычислителя.
TPU	Tensor Processing Unit (Тензорный процессор)	Специализированная интегральная схема (ASIC), разработанная Google для ускорения операций линейной алгебры, лежащих в основе нейронных сетей. В проекте используется Google Coral Edge TPU.

FPS	Frames Per Second (Кадров в секунду)	Единица измерения частоты кадров, количество кадров видеопотока, обрабатываемых или передаваемых за одну секунду. Ключевой параметр производительности модуля детекции.
FCU	Flight Control Unit (Блок управления полетом)	Аппаратно-программный комплекс, отвечающий за стабилизацию, навигацию и управление движением БПЛА. В проекте – синоним полетного контроллера (Pixhawk/Cube).
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter	Универсальный асинхронный приёмопередатчик – узел, обеспечивающий связь в асинхронном последовательном порту. Основной интерфейс связи между RPi и полетным контроллером.



---

SSH	Secure Shell	Сетевой протокол для безопасного удаленного управления операционной системой. Используется для доступа к бортовому вычислителю RPi.
-----	--------------	---

---

YAML	YAML Ain't Markup Language	Человеко-читаемый язык сериализации данных, часто используемый для конфигурационных файлов. В системе применяется для хранения параметров ROS-нод.
------	----------------------------	--

---

USB	Universal Serial Bus	Стандарт последовательной шины для подключения периферийных устройств к компьютеру. Используется для подключения камер, Edge TPU и других датчиков к RPi.
-----	----------------------	---

---