

УТВЕРЖДАЮ

Директор

АО «Петрозаводскмаш»

_____/_____

« » _____ 2025 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор

АО ЦПР «ЭФЭР»

_____/_____

« » _____ 2025 г.

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

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ

от « » _____ 2025 г.

1. Объект испытаний:

Автономная система мониторинга пожарной безопасности (АСМПБ «ЭФЭР-ГАРДИАН») в составе:

1. БПЛА (квадрокоптер) с установленным ПО версии 1.0.0, включая бортовой вычислитель Raspberry Pi 5, полетный контроллер Pixhawk 6C, лидар, камеру, тепловизор, аппаратный ускоритель Coral Edge TPU.
2. Наземная станция управления на базе ноутбука с ПО Mission Planner / QGroundControl.
3. RC-пульт управления.
4. Тестовая инфраструктура пожарной сети (Wi-Fi точка доступа, сервер с REST API и RTSP).

2. Характеристика испытуемого образца:

Программно-аппаратный комплекс, реализующий автономный мониторинг помещений с детекцией пламени и дыма, построением карты, навигацией, передачей тревог и автоматической зарядкой. Полный перечень характеристик соответствует Техническому заданию.

3. Дата проведения испытаний:

«» _____ 2025 г. – «» _____ 2025 г.

4. Лица, проводившие испытания:

(Заполняется в процессе подписания в конце документа)

5. Основание для проведения испытаний:

«Программа и методика испытаний АСМПБ «ЭФЭР-ГАРДИАН»» версии 1.0.0 от «__» _____ 2025 г.

6. Техническое задание испытания (цель испытаний):

Проведение приемочных испытаний программно-аппаратного комплекса АСМПБ «ЭФЭР-ГАРДИАН» с целью проверки его соответствия требованиям Технического задания и готовности к внедрению для опытной эксплуатации.

7. Дополнительная информация:

Испытания проведены в полном объеме в соответствии с ПМИ, включая этапы: стендовые испытания, испытания в симуляторе, летные испытания на полигоне и в макете ангара с применением имитаторов угроз.

8. Результаты испытаний:

№ п/п	Объект т проверки	Проверяемый параметр	Последовательность действий для прохождения проверки	Критерий успеха	Результат
8.1	Документация	Полнота и соответствие	Проверка комплектности документации и ее непротиворечивости.	Представлены все документы. Ключевые параметры в ТЗ, Описании и Руководстве согласованы.	Успешно <i>Замечание: В Руководстве оператора требуется добавить подробнее описание процедуры замены нейросетевой модели</i>

					на Edge TPU.
8.2	Установка и запуск	Корректность запуска системы	Развертывание ПО на бортовом компьютере по инструкции, проверка запуска ROS 2 нод и связи.	Все ключевые модули запущены, телеметрия передается на GCS и сервер.	Успешно
8.3	Режимы работы (FMS)	Корректность перехода	Последовательная отработка команд: взлет, патрулирование, имитация низкого заряда (RTL), посадка.	Логи фиксируют переходы: STANDBY -> TAKEOFF -> PATROL -> RTL -> LANDING.	Успешно Результат : Все переходы выполнены корректно, поведение БПЛА соответствовало состояниям.
8.4	Детекция (CV)	Точность (Precision)	Тестирование на эталонном видеофайле (50	Precision \geq 98% для каждого класса.	Успешно Результат : Пламя –

			кадров пламя, 50 дым).		99%, Дым – 98.2%.
8.5	Детекция (CV)	Производительность (FPS)	Измерение частоты публикации результатов детекции в полете.	Средний FPS ≥ 15.	Успешно Результат : Средний FPS = 17.3.
8.6	Реакция на пожар	Время и полнота реакции	Активация имитатора пламени, фиксация времени до передачи тревоги.	Время от активации до получения тревоги сервером ≤ 2 с.	Успешно Результат : Среднее время = 1.8 с.
8.7	Навигация и SLAM	Точность следования маршруту	Сравнение заданной и фактической траектории.	Отклонение от точек ≤ 0.5 м.	Успешно Результат : Макс. отклонение 0.4 м.
8.8	Навигация и SLAM	Обход препятствий	Введение подвижного препятствия на маршрут.	Безопасный обход без столкновения.	Успешно

8.9	Связь (Wi-Fi)	Передача а данных	Проверка RTSP-потока, отправка/прие м тревог и команд.	Стабильный поток, корректная работа API.	Успешно *Замечан ие: При одновремен ной нагрузке (видео + данные) наблюда ются кратковр еменные увеличен ия задержки RTSP до 400 мс. Рекомен дуется оптимиза ция.*
8.10	Связь (Ради окана л)	Работа с GCS	Проверка телеметрии и выполнения команд.	Актуальная телеметрия, время отклика ≤ 1 с.	Успешно
8.11	Отказ оусто	Приорит ет	Переключение в ручной режим во время	Мгновенный переход, автономные	Успешно

	йчиво сть	RC-пуль та	автономного полета.	команды блокируются.	
8.12	Отказ оусто йчиво сть	Потеря связи Wi-Fi	Физическое отключение точки доступа.	Переход в режим RTL по таймауту (10 с).	Успешно
8.13	Отказ оусто йчиво сть	Потеря вычисл ителя	Аварийная остановка основной ноды ПО.	Переход в стабилизацию, затем безопасное снижение.	Успешно
8.14	Автон омнос ть	Цикл зарядки	5 последователь ных циклов патрулировани я-зарядки.	Успешная посадка и инициация зарядки в 5/5 случаев.	Успешно
8.15	Логир овани е	Полнота записи	Проверка наличия записей по всем ключевым событиям.	Логи непрерывны и полны.	Успешно

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам приемочных испытаний, проведенных в период с «___» по «___» _____ 2025 г., установлено, что программно-аппаратный комплекс АСМПБ

«ЭФЭР-ГАРДИАН» версии 1.0.0 в целом соответствует требованиям Технического задания.

Все основные и критические функции системы работоспособны:

- Обеспечена автономная навигация и патрулирование.
- Достигнуты требуемые показатели точности ($\geq 98\%$) и скорости (≥ 15 FPS) детекции пламени и дыма.
- Реализована корректная реакция на угрозу с передачей тревоги менее чем за 2 секунды.
- Продемонстрирована надежная работа сценариев отказоустойчивости и безопасного завершения миссии.
- Подтверждена работоспособность каналов связи и интеграционных интерфейсов (REST API, RTSP, MAVLink).

Выявлены следующие незначительные замечания, не препятствующие внедрению для опытной эксплуатации:

1. В Руководстве оператора отсутствует детальная инструкция по замене нейросетевой модели на Edge TPU.
2. При пиковой сетевой нагрузке наблюдаются кратковременные увеличения задержки видеопотока RTSP сверх нормы (до 400 мс).

Рекомендации:

1. Дополнить Руководство оператора недостающим разделом.
2. Провести дополнительную оптимизацию сетевого стека ПО для стабилизации задержки видео в рамках следующей плановой версии обновления.

Решение комиссии:

Систему рекомендовать к внедрению для опытной эксплуатации на объектах АО «Петрозаводскмаш». Устранение указанных замечаний запланировать в течение 30 календарных дней с момента начала эксплуатации.

Лица, проводившие испытания:

1. Начальник ОИТ - Главный инженер
_____ / Беспилотный А.А.
«__» _____ 2025 г.
2. Инженер-программист (разработчик ПО)
_____ / Дронов В.В.
«__» _____ 2025 г.

3. Представитель Заказчика

_____ / [ФИО представителя]

«__» _____ 2025 г.