Экз. № \_\_

Приложение № 1

к Договору от «\_\_» \_\_\_\_ 20\_\_г. № \_\_\_\_\_\_\_\_

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| |  | | --- | | СОГЛАСОВАНО | | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (должность руководителя Исполнителя)  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ И.О. Фамилия  «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  М.П. | |  | |  | | --- | | УТВЕРЖДАЮ | | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ И.О. Фамилия  «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г.  М.П. | |

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

«Разработка технологии распределенной частотно-временной синхронизации роевых беспилотных систем и ансамблей часов»,

Шифр: «\_\_\_»

1. Наименование, шифр НИОКР, основание, исполнитель и сроки выполнения НИОКР

1.1. Наименование проекта: Разработка технологии распределённой частотно‑временной синхронизации для роевых беспилотных систем и мультисервисных сетей управления

1.2. Шифр НИОКР: (присваивается Заказчиком).

1.3. Основанием для реализации проекта является \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1.4. Исполнитель:

1.5. Сроки выполнения:

Начало – «\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Окончание – «\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

2. Цель выполнения НИОКР, наименование и обозначение изделия, ключевые задачи и результаты НИОКР

2.1. Цели проекта

Создать технологию распределённой частотно‑временной синхронизации (ЧВС) для роевых беспилотных систем, обеспечивающую автономную работу в условиях отсутствия/подавления GNSS, поддерживающую мультирадиоканальные домены и интеграцию PNTP, ансамблей часов и стандартов PTP/gPTP/TSF/LoRa.

2.2. Наименование и обозначение изделия

Технология и демонстратор системы распределённой ЧВС для роевых БпС. Обозначение изделия (демонстратора/ПО) присваивается в ходе разработки

2.3 Задачи проекта

* Обосновать технический облик, структуру и состав системы ЧВС в мультисервисных сетях управления БпС.
* Разработать информационную и математическую модель системы ЧВС с учётом динамики и релятивистских поправок.
* Провести анализ и адаптацию протокола для движущихся платформ и роевых систем.
* Разработать алгоритмы ансамблирования часов и оценивания задержек (EKF/UKF/робастные методы).
* Создать протокольный стек (PNTP/gPTP/LoRa-майки) и прототип ПО дисциплинирования часов.
* Создать демонстратор системы (узлы мастер/ведомый/шлюз) и провести экспериментальные исследования (GNSS-denied, потери/помехи, мобильность).
* Оценить эффективность и масштабируемость (до 100 узлов, многохоп), подготовить методики и протоколы испытаний.
* Сформировать комплект отчётной документации и Проект ТЗ на ОКР.

2.4 Результаты проекта

* Аналитический отчёт, техническое описание архитектуры и требований.
* Модели (информационная, математическая, сетевая) и исходные коды симуляторов/алгоритмов.
* Протокольный стек PNTP и компоненты интеграции с PTP/gPTP/LoRa/TSF.
* Демонстратор на 5–50 узлах с интерфейсами PPS/NMEA/MAVLink и веб‑мониторингом.
* Методики и программа испытаний, протоколы и результаты экспериментальных исследований.
* Итоговый научно‑технический отчёт и Проект ТЗ на ОКР.

2.5 Научная новизна проекта

* Применение распределённых ансамблей часов в динамических роевых системах.
* Адаптация и развитие PNTP для движущихся платформ с учётом релятивистских эффектов и доплеровских поправок.
* Методы робастной оценки задержек и дисциплинирования часов в гетерогенных многодоменных сетях.

3. Технические требования изделию

3.1.  Состав изделия:

* Программные компоненты:
* PNTP‑стек;
* библиотека алгоритмов ансамблирования;
* модуль дисциплинирования часов (PLL/FLL/PI);
* сервис телеметрии и мониторинга.
* Аппаратные компоненты демонстратора:
* узел‑мастер (GNSS/PPS и/или WWVB,
* Wi‑Fi с HW‑таймстемпами, LoRa),
* узлы‑ведомые (LoRa/Wi‑Fi, PPS out),
* шлюз междоменной синхронизации; НЧ приёмник WWVB (опц.).
* Стенд испытаний: генератор/распределитель PPS, анализатор PPS‑to‑PPS, SDR/аттенюаторы, имитация потерь/помех.

3.2. Требования назначения

* Работа в условиях GNSS‑denied/contested; поддержка 2–3 радиодоменов (LoRa Sub‑GHz, Wi‑Fi 5/6/6E, WWVB 60 кГц).
* Масштабируемость до 100 узлов, многохоп‑топологии
* Режимы:
* мастер/ведомый/ретранслятор/шлюз;
* автоматический выбор эталона,
* holdover.

3.3. Требования электромагнитной совместимости

Соответствие действующим нормативам ЭМС и радиочастотного регулирования по юрисдикции эксплуатации. Профили 5/6 ГГц применяются при наличии разрешений.

3.4. Требования живучести и стойкости к внешним воздействиям

* Устойчивость к потерям пакетов (до 20–30%) и многолучевости (деградация метрик не хуже 1.5–2× пороговых значений).
* Функциональная живучесть при отказе/выбывании до 30% узлов за счёт ансамблей и переизбрания лидера.

3.5. Требования надежности

* Среднее время восстановления синхронизации после сбоев ≤ 60 с (цель ≤ 30 с).
* Holdover: ошибка ≤ 5 мс/час (цель ≤ 2–3 мс/30 мин при 25°C для TCXO, лучше для OCXO).

3.6. Требования эргономики, обитаемости и технической эстетики

Для демонстратора: веб‑интерфейс мониторинга (статусы синхронизации, метрики, журнал); понятные индикаторы состояния на узлах (lock/holdover/error).

3.7. Требования к эксплуатации, хранению, удобству технического обслуживания и ремонта

* Журналы и телеметрия времени/задержек;
* Средства диагностики линий PPS/радиоканала.

3.8. Транспортирование

Стандартная транспортная тара для электронных блоков с защитой от влаги/ударов; маркировка «Осторожно, электроника»; соблюдение температурных режимов по ТУ компонентов.

3.9. Требования безопасности

Не предъявляются.

3.10. Требования стандартизации, унификации и каталогизации

Не предъявляются.

3.11. Требования технологичности

Не предъявляются.

3.12. Конструктивные требования.

* Для узлов демонстратора: наличие PPS out, аппаратной/программной отметки времени для Wi‑Fi (HW timestamping — приоритетно), LoRa модуль Sub‑GHz, интерфейсы UART (NMEA), MAVLink TIME\_SYNC.
* Количество узлов демонстратора: не менее 8 (5 БПЛА, 3 наземных), один командный пункт мониторинга.

4. Требования к исследованиям

4.1 Требования к проведению аналитических исследований

* Анализ PNTP и стандартов PTP/gPTP/TSF применительно к мобильным платформам; обоснование архитектуры и доменных профилей (60 кГц—6 ГГц).
* Разработка информационной и математической моделей: часы с шумами (Аллан), каналы с задержками/потерями, динамика платформ и релятивистские поправки.
* Синтез алгоритмов: ансамбли времени, оценка задержек (EKF/UKF/Particle/робастные), дисциплинирование часов.

4.2 Требования к исследовательским испытаниям

* Метрики (порог/цель):
  + Смещение master‑slave LoRa p95: порог ≤ 7 мс, цель ≤ 5 мс.
  + Смещение master‑slave Wi‑Fi PTP p95: порог ≤ 100 мкс, цель ≤ 50 мкс (HW TS).
  + Holdover ошибка: порог ≤ 3 мс/30 мин, цель ≤ 2 мс/30 мин при 25°C (TCXO).
  + Сходимость ансамбля: порог ≤ 60 с, цель ≤ 30 с после инициализации/катастрофических событий.
  + Устойчивость к потерям узлов: деградация точности не хуже 1.5–2× при выбывании до 30%.
* Сценарии:
  + Статические узлы (базовый),
  + Координированный полёт роя (динамика),
  + Полная потеря GNSS (GNSS‑denied),
  + Помехи/потери (до 20–30%), многолучевость,
  + Отказоустойчивость (последовательные отказы),
  + Масштабирование 10→100 узлов.
* Инструментарий:
  + Анализатор PPS,
  + SDR,
  + симулятор роевой динамики, система сбора телеметрии.

5. Технико-экономические требования

Не предъявляются.

6. Требования к сырью, материалам и КИМП

Не предъявляются.

7. Требования к консервации, упаковке и маркировки

8. Специальные требования

Не предъявляются.

9. Требования к документации

* Программа и методики испытаний демонстратора;
* Протоколы испытаний.
* Итоговый научно‑технический отчёт.
* Проект ТЗ на ОКР по созданию системы ЧВС.
* Руководство пользователя/оператора демонстратора (при необходимости).

10. Этапы выполнения НИОКР

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование этапа и подэтапов НИОКР.  Содержание работ по этапу (см. тем карточку) | Выдаваемые результаты,  НТП и ОНТД | Сроки выполнения | |
| начало | окончание |
| 1 | Этап 1  Например: Исследования по …,  эскизное проектирование … |  | С Даты подписания | 31.12. 2025 |
| 1.1 | … |  |  |  |
| 1.2 |  |  |  |  |
| 1.3 | Формирование промежуточного научно-технического отчета с результатами этапа НИОКР | НТО | … | … |
| 2 | Этап 2  Например: Разработка технологии …,  Создание прототипов и макетов …,  Численное моделирование … |  |  |  |
| 2.1 | … |  |  |  |
| 2.2 |  |  |  |  |
| 2.3 | Формирование промежуточного научно-технического отчета с результатами этапа НИОКР | НТО | … | … |
| 3 | Этап 3  Например: Создание демонстратора и проведение экспериментальных исследований … |  |  |  |
| 3.1 | … |  |  |  |
| 3.2 |  |  |  |  |
| 3.3 | Формирование программы испытаний демонстратора | Программа испытаний |  |  |
| 3.4 | Формирование заключительного научно-технического отчета с результатами НИОКР | НТО |  |  |

11. Порядок выполнения и приемки этапов НИОКР и НИОКР в целом

Будет дополнено позднее

12. Приложения к Техническому заданию

При необходимости указывается перечень приложений, в т.ч. термины и определения, используемые в техническом задании.

|  |  |
| --- | --- |
| От Исполнителя:  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (должность представителя Исполнителя)  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ /  подпись Ф.И.О.  «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. | От Заказчика:  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (должность руководителя ведущего направления Фонда)  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ /  подпись Ф.И.О.  «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. |