|  |  |
| --- | --- |
| Согласовано:  Заместитель Управляющего фондом  «Энергия без границ»  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.П. Чернов  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2022 г. | Утверждаю:  Управляющий Фондом  «Энергия без границ»  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.В. Пешков  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2022 г. |
|  |  |

Программно-аппаратный комплекс мобильного контроля

оборудования ТЭС

Технические условия

МВАУ.XXXXXX.003ТУ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | |  | |
| Действует на изделия | | | |
| ПАК МКО |  | |  |

Содержание

ГЛОССАРИЙ И ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ 3

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ 4

1 ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ 6

1.1 СОСТАВ ПАК МКО 6

1.2 ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ 8

1.3 ТРЕБОВАНИЯ НАЗНАЧЕНИЯ 11

1.4 УПАКОВКА 15

2 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ 16

3 ПРАВИЛА ПРИЁМКИ 18

4 МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ 19

5 УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ 20

6 ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ 21

ПРИЛОЖЕНИЕ А. 23

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ 24

# Глоссарий и перечень сокращений

|  |  |
| --- | --- |
| АРМ | Автоматизированное рабочее место |
| БВС | Беспилотное воздушное судно |
| ВИК | Визуальный и инструментальный контроль |
| ДУ |  |
| КД, ЭТД, ПД | Типы документации согласно ГОСТ |
| ПАК МКО | программно-аппаратный комплекс мобильного контроля оборудования ТЭС |
| ПМ | Программа и методика приемо-сдаточных испытаний |
|  |  |
| Фотоснимки | Результат съемки ПАК МКО |

# **Вводная часть**

Настоящие ТУ распространяются на программно-аппаратный комплекс мобильного контроля оборудования ТЭС (далее ПАК МКО), позволяющий автоматически выполнять контроль за работой оборудования ТЭС (агрегаты, насосы, трубопроводы, конструктивные элементы зданий и сооружений и т.д., далее – оборудование) и выявлять дефекты и отклонения по изображениям (фото- и видео-снимкам), полученным с использованием беспилотных летательных аппаратов (БВС).

ПАК МКО позволяет:

1. определять дефекты или отклонения в состоянии оборудования ТЭС по разработанному классификатору дефектов;
2. определять места расположения дефекта (отклонения) (отклонения) на электронной схеме (3D модели) главного корпуса ТЭС, с координатами каждого найденного дефекта (отклонения) (отклонения) в локальных координатах цеха (производственной площадки);
3. обозначать на электронном формуляре вероятного дефекта (отклонения) (отклонения)
4. накапливать сведений о выявленных дефекта (отклонения)х и отклонениях в электронном формуляре – базе данных сбора информации о проведенных осмотрах;
5. представлять результат осмотра на дату его выполнения в виде текстового файла, который включает имя файла, графическое изображение, вид дефекта (отклонения) (отклонения) и степень его развития;
6. функционировать системе распознавания независимо от того, включен ли АРМ оператора;
7. постоянно самообучаться с учетом внесения фактических данных по выявленным дефекта (отклонения)м в случаях уточнения результатов осмотров с использованием существующих методов.

Данные технические условия действуют совместно со следующими документами:

Программа и методика приемо-сдаточных испытаний МВАУ.ХХХХХХ.003ПМ;

Руководство по эксплуатации ПАК МКО МВАУ.XXXXXX.003РЭ;

Паспорт на ПАК МКО;

Пример записи при заказе: «Программно-аппаратный комплекс мобильного контроля оборудования ТЭС (далее ПАК МКО) МВАУ.XXXXXX.003».

1. **Технические требования**
   1. **Комплектность ПАК МКО**

Состав должен соответствовать схеме деления МВАУ.XXXXXX.003.Е1:

* + 1. Автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора БВС (станция оператора) на планшетном компьютере с ОС на базе Android, с предустановленным программным обеспечением управлением и связи с БПЛА.
    2. Автоматизированное рабочее место на персональном компьютере (ноутбук, инженерная станция), с предустановленным программным обеспечением автоматизированного поиска дефектов и отклонений в работе оборудования ТЭС.
    3. Автоматическая зарядная станция БВС
    4. Система локального позиционирования БВС
    5. БВС мультикоптерного типа, включающий следующие компоненты:
       1. рама, двигатели, винты;
       2. полетный контроллер;
       3. бортовой вычислитель;
       4. датчик(-и) положения внутри системы локального позиционирования;
       5. фотокамера разрешения высокой четкости 4к с многократным ЗУМ;
       6. фотокамера привода на посадку, одновременно являющаяся резервной камерой;
       7. светильник дополнительного освещения/ подсветки для съемки в условиях недостаточной освещенности.
       8. микрофон;
       9. датчик водорода и метана;
       10. тепловизионный модуль;
       11. Что-то еще?

Состав мобильной рабочей станции представлен в таблице 1:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Таблица 1 – состав мобильной рабочей станции | | |
| Компонент | Характеристики | Кол-во |
| Корпус | [ARIESYS](https://ipc2u.ru/about/vendors/ariesys/) ARP670-17WBP в составе:   * алюминиевый корпус * дисплеем 17.3", 1920x 1080 TFT LCD, * клавиатура, сенсорный тачпад * блок питания 750 Вт | 1 |
| Процессорная плата | ATX ASUS ROG STRIX B460-F GAMING | 1 |
| Процессор | Intel Core i5-10500 Comet Lake | 1 |
| Память оперативная | Crucial CT16G4DFD824A 16GB | 4 |
| Накопитель SSD | Western Digital WDS250G2B0A 250Gb | 1 |
| Жесткий диск | Seagate ST10000VN0004 10Tb | 2 |
| Видеокарта | NVIDIA GeForce RTX 3060, GDDR6, 12ГБ | 1 |

ПО автоматизированного распознавания и дефектов и отклонений, предустановленное на мобильную рабочую станцию;

* + 1. Комплект эксплуатационной, конструкторской документации, диски с дистрибутивами ПО.

1. Комплект эксплуатационной документации;
2. Комплект конструкторской документации;
3. Диск с дистрибутивом ПО ориентации, навигации и проведения обследования;
4. Диск с дистрибутивом ПО автоматизированного распознавания и дефектов трубной поверхности топки котлоагрегата на основании полученных фотоснимков.
   1. **Основные параметры и характеристики**
      1. ПАК МКО имеет следующие характеристики:

Время / порядок развертывания на месте – 30 мин

Розетки для питания +220В - 2 шт

Время работы на паре аккумуляторов – примерно 35-40 мин

* + 1. Обработка фотоснимков:

Формат, размер снимков – jpeg, 20 Мп

Время передачи отснятого материала – 20 мин

Время на обработку, классификацию примерно – 1 час

Формат печати отчета – pdf

Качество классификации – не менее 98%

* + 1. Характеристики и точность

Позиционирование при проведении фотосъемки –

Точность посадки –

* + 1. Размер посадочной станции
  1. **Требования назначения**

ПАК МКО должен соответствовать требованиям настоящих технических условий и комплекта конструкторской документации согласно спецификации МВАУ.XXXXXX.003.

* + 1. БВС

Осуществляет доставку и перемещение полезной нагрузки в горизонтальном и вертикальном направлении параллельно поверхности топки с выдерживанием заданной дистанции

* + - 1. Полезная нагрузка для проведения фото/ видео обследования:
      2. Камера производит съемку поверхностей нагрева топки котлоагрегатов с сохранением фотоснимоков на внутренней microSD карте памяти
      3. Прожектор подсвечивает исследуемую область поверхности топки котлоагрегатов
      4. ПО ориентации, навигации и проведения обследования позволяет:
         1. Обеспечить пространственную ориентацию БВС
         2. Формировать координаты объекта в локальной системе координат
         3. Управлять БВС по заданному маршруту: имитирует управление в режиме векторов направления
         4. Формировать сигнал сохранения снимка в пределах установленной плоскости трубной поверхности топки котлоагрегата согласно циклограмме работы
         5. Рассчитывать текущие координаты БВС на базе измерения входящих в состав дальномеров
         6. Записывать координаты БВС в метаданные каждого снимка в локальных координатах топки котла
         7. Корректировать маршрут облета и частоту фотосъемки
         8. Подготавливать данные для передачи в программное обеспечение системы выявления дефектов поверхностей нагрева топки котлоагрегатов после окончания съемки или вовремя подзарядки элементов электропитания.
         9. В случае необходимости проводить детальный осмотр состояния поверхностей нагрева в топке котлоагрегата (в полуавтоматическом и ручном режимах).
    1. Планшет (АРМ) оператора БВС
       1. Позволяет осуществлять старт и остановку полета по маршруту;
       2. Отображает на дисплее данные телеметрии с БВС (заряд аккумуляторных батарей, состояние бортовых систем);
       3. Транслирует изображение с камер БВС;
       4. Позволяет осуществлять ручное (директивное) управление
    2. Персональный компьютер (инженерная станция). Автоматизированное рабочее место на персональном компьютере (ноутбук, инженерная станция), с предустановленным программным обеспечением автоматизированного поиска дефектов и отклонений в работе оборудования ТЭС.
       1. Программное обеспечение автоматизированного распознавания и дефектов трубной поверхности топки котлоагрегата на основании полученных фотоснимков содержит следующие модули GUI, сеть машинного обучения, БД SQL.
       2. Функционирование системы распознавания независимо от того, включен ли планшет (АРМ) оператора БВС

GUI решает следующие задачи:

* + - * 1. Взаимодействие/выполнение действий пользователя с ПО
        2. Открытие и просмотр фотоснимков
        3. Формирование формуляра по результатам обследования
        4. Раздельная выгрузка данных для пользователей проводящих ликвидацию дефектов и пользователей контролирующих выполнение работ.
    1. Сервер
       1. Ведение и систематизация архива
* фотоснимков без дефектов,
* фотоснимков с дефектами (отклонениями) в соответствии с разработанной классификацией дефектов.
* фотоснимков, применяемых для обучения нейронной сети
  + - 1. Накопление сведений о выявленных дефектах (отклонениях) в электронный формуляр – база данных сбора информации о проведенных осмотрах;
      2. Просмотр файла с результатами осмотра на дату его выполнения в виде текстового файла, который включает имя файла графического изображения, вид дефекта (отклонения) и степень его развития.
      3. Сортировка полученных фотоснимков используя координаты каждого снимка
      4. Определение местоположения дефекта (отклонения) в состоянии оборудования ТЭС
      5. Функции сети машинного обучения
         1. Алгоритмы распознавания дефектов (отклонений) используют оптимальные решения для выявления дефектов (отклонений) по изображениям. Выявляются дефекты с использованием не менее двух различных алгоритмов.
         2. Классифицируются не менее пяти видов распознанных дефектов с уровнем достоверности не менее 98% относительно фактически зафиксированных дефектов на объекте.
         3. Определенная часть найденных дефектов передается эксперту для ручной разметки и являться элементом обучения системы
         4. Обучение искусственного интеллекта проводится:

1. для разных наборов изображений (снимки с различной разрешением и контрастностью) и нескольких методов машинного обучения;
2. выявление аномалии по изображениям без определения того или иного дефекта (отклонения);
3. соотношение обучающей выборки к тестируемому набору снимков не менее 60/40 и не более 80/20.
   * + - 1. Постоянное дообучение с учетом внесения фактических данных по выявленным дефекта (отклонения)м в случаях уточнения результатов осмотров с использованием существующих методов.
       1. БД SQL позволяет
          1. Систематизировать и хранить формуляры ВИК
          2. Формировать настраиваемую отчетность согласно SQL запросам
          3. Выдавать статистическую обработку результатов автоматизированного выявления дефектов поверхностей нагрева по заданным критериям.
     1. Инфраструктура
        1. Система локального позиционирования БВС
           1. Представляет собой QR метки, расклеиваемые на маршруте обхода
           2. Осуществляет корректировку координат местоположения БВС
        2. Автоматическая зарядная станция аккумуляторов БВС
        3. Позволяет заряжать аккумуляторы БВС
        4. Хранить БВС
4. **Требования безопасности**

Комплекс БВС является источником повышенной опасности. При проведении полетов необходимо соблюдать следующие ограничения:

Запрещается сборка, разборка в том числе замена аккумулятора и транспортировка БВС на дальние расстояния с включенным питанием.

Избегать попадания влаги на аккумулятор и зарядную станцию.

Аккумулятор должен эксплуатироваться при температурах +20°C…+50°C.

Запрещается помещать аккумулятор на любые токопроводящие поверхности, например, металлический пол.

В случае возгорания аккумулятор следует тушить песком или порошковым огнетушителем

Запрещается осуществлять полеты и калибровку магнитного компаса вблизи крупных металлических или железобетонных конструкций (автомобили, опоры ЛЭП, мосты, путепроводы и т.п.). Они могут повлиять на точность показаний магнитного компаса и прием сигналов GNSS.

Магнитный компас БВС не приспособлен для работы в условиях магнитных аномалий.

При построении маршрута полета избегайте опор линий электропередач, деревьев и водоемов, скопления людей.

Запрещается запуск БВС при обнаружении какой-либо неисправности комплекса.

Полет может проходит в полуавтоматическом и ручном режимах только под управлением квалифицированного оператора БВС.

1. **Правила приёмки**

Правила приёмки приведены в Программе и методиках приёмо-сдаточных испытаний МВАУ.XXXXXX.003ПМ.

1. **Методы контроля**

Методы контроля приведены в Программе и методике приёмо-сдаточных испытаний МВАУ.XXXXXX.003ПМ.

1. **Указания по эксплуатации**

К эксплуатации ПАК МКО допускаются персонал прошедший обучение по программе «Эксплуатация программно-аппаратного комплекс для мобильного комплекса обходчика (ПАК МКО)».

Хранение, транспортирование комплекса допускается только в транспортировочных кейсах.

При подготовке к применению следует следовать инструкциям, описанным в главе «Подготовка к применению» МВАУ.XXXXXX.003РЭ «Руководство по эксплуатации ПАК МКО».

Эксплуатация ПАК МКО включая применение по назначению, техническое обслуживание и ремонт должна производиться в соответствии с правилами, изложенными в МВАУ.XXXXXX.003РЭ «Руководство по эксплуатации ПАК МКО».

Восстановление работоспособности неисправного оборудования ПАК МКО должно производиться в соответствии с эксплуатационной документацией на ПАК МКО.

1. **Гарантии изготовителя**

Изготовитель обязуется обеспечивать дистанционную техническую поддержку и устранение отклонений в работе ПАК МКО в течение 12 месяцев с момента приемки.

Лист согласования

# Приложение А.

(справочно)

Таблица А1 – Характеристики входящих в ПАК МКО составных частей

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование | Значение |
| БВС |  |
| Габаритные размеры  В разложенном виде, без винтов: Д×Ш×В (мм)  В сложенном виде, с винтами: Д×Ш×В (мм) | 810 ×670 ×430  430 ×420 ×430 |
| Макс. полезная нагрузка (кг) | 2,7 |
| Макс. взлетная масса(кг) | 9 |
| Степень защиты | IP45 |
| Курсовая камера |  |
| Разрешение  Угол обзора (°)  Частота кадров (кадров/с) | 960p  145  30 |
| Визуальная система |  |
| Радиус обнаружения препятствий:  впереди / сзади / слева / справа(м)  вверху / внизу(м)  Угол обзора впереди/ сзади/ внизу:  Горизонтальная (°)  Вертикальная (°)  Угол обзора слева/ справа/ вверху:  Горизонтальная (°)  Вертикальная (°)  Рабочие условия: поверхности с четким профилем и нормальным освещением (лк) | 0,7-40  0,6-30  65  50  65  50  >15 |
| Система ИК обнаружения |  |
| * Радиус обнаружения препятствия: (м) * Угол обзора (°):   Рабочие условия: препятствия большого размера, с эффектом рассеяния и отражения (отражающая способность) % | 0,1-8  30±15  >10 |
| Пульт ДУ DJI Smart Controller Enterprise |  |
| Дисплей, дюйм  Разрешение дисплея  Время работы встроенной батареи Li-Io 18650 (ч)  Время работы внешней батареи WB37 (ч) | 5,5  1080p  2,5  2 |
| Система ориентации и проведения обследования в топке котла |  |
| Дальномер Benewake LiDAR Tfmini plus (ToF)  Дальность (м)  Разрешающая способность (см) | 0,1 - 12  1 |
| Дальномер Benewake LiDAR Tf2 Pro (ToF)  Дальность:  при отражающей способности 90% (м)  при отражающей способности 10% (м)  Разрешающая способность (см) | 0,1–40  0,1–13,5  1 |
| Полезная нагрузка для проведения фото/ видео обследования |  |
| Камера zenmuse Z30 |  |
| Кратность оптического зума  Кратность цифрового зума  Угол FOV:  широкоугольный модуль (°)  теле модуль (°)  Тип матрицы  Формат изображения:  Вес, (гр) | 30  6  63,7  2,3  CMOS  JPEG  556 |
| Прожектор DJI Wingsland Z15 |  |
| Количество ламп, (шт)  Напряжение, (В)  Суммарная мощность, (Вт)  Световой поток, (лм)  Угол освещения (°)  Вес, (гр) | 4  6  48  10200  15  500 |
| Набор аккумуляторов Intelligent Flight Battery TB60 |  |
| Емкость, (мАч)  Напряжение, (В)  Тип литий-полимерный  Энергия (Вт ч)  Масса нетто, (кг) | 5935  52,8  12S  274  ~1,35 |
| Зарядная станция для аккумуляторов BS60 |  |
| Питание  Напряжение, (В)  Частота, (Гц)  Вес, (кг)  Полный цикл зарядки 2 батарей TB60, (минут)  Зарядка 2 батарей TB60 с 20% до 90%, (минут)  Макс количество заряжаемых аккумуляторов:  Intelligent Flight Battery TB60 (БВС), (шт.)  Intelligent Battery WB37 (пульт управления), (шт.) | 220–240  50–60  8,37  60  30  8  4 |
| АРМ распознавания и классификации дефектов с ПО автоматизированного распознавания и дефектов |  |
| Жесткий диск (Тб) | 10 |
| Питание  Напряжение (В)  Частота (Гц) | 220–240  50–60 |
| Температура эксплуатации (°С) | 0 ... 50 |
| Относительная влажность, (%) | 10 ... 90 |
| Вибрация, (Гц) | 10 …500 |
| Удар (g) | 10 |
| Эксплуатационные ограничения |  |
| Диапазон рабочих температур (°C) | 0...+30 |
| Относительная влажность (%) | 10 ... 90 |
| |  |  |  | | --- | --- | --- | |  | Вес | Габариты | | Оригинальный DJI кейс с БВС DJI Matrice 300, и интегрированной системой ориентации и проведения обследования в топке котла | 10 |  | | Оригинальный DJI кейс с камерой (полезная нагрузка) |  |  | | Оригинальный DJI кейс с прожектором (полезная нагрузка) |  |  | | Оригинальный DJI кейс зарядная станция с комплектом запасных аккумуляторов | 10 |  | | Кейс ARIESYS АРМ |  |  | | |

# Лист регистрации изменений

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Изм. | Номера листов | | | | Всего  листов  в докум. | №  докум. | Подпись | Дата |
| изменен--ных | заменен--ных | новых | аннулиро--ванных |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |