|  |  |
| --- | --- |
| 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 дефектах 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) и степень его развития;
6. независимо от станции оператора функционировать системе распознавания;
7. самообучаться с учетом внесения фактических данных по выявленным дефектам (отклонениям) в случаях уточнения результатов осмотров с использованием существующих методов.

Перечень дефектов и отклонений определяемые ПАК МКО

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Класс дефекта/отклонения** | **Вид дефекта/отклонения** | **Дефект/ отклонение** |
| Механическое повреждение |  | Трещина |
| Свищ |
| Разрыв |
| Наличие нештатного вещества/свойства | Наличие газа | Парение |
| Наличие звука | Посторонний шум |
| Наличие жидкости | Течь |
| Обводнение стекла |
| Наличие посторонних твердых веществ | Коррозия |
| Наличие изменения температуры | Нагрев |
| Наличие вибрации |  |
| Отсутствие штатного элемента/вещества/свойства |  | Отсутствие течения жидкости в смотровом стекле |
| Нештатные показаний приборов/датчиков |  | Нештатные показания стрелочных приборов/датчиков |
| Нештатные показания знаковых приборов/датчиков |

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. Станция оператора (автоматизированное рабочее место оператора БВС на планшетном компьютере с ОС на базе Android, с предустановленным программным обеспечением управлением и связи с БПЛА).
    2. Инженерная станция (автоматизированное рабочее место на персональном компьютере, с предустановленным программным обеспечением автоматизированного поиска дефектов и отклонений в работе оборудования ТЭС).

Состав инженерной станции представлен в таблице 1:

|  |  |
| --- | --- |
|  | 1-RPC-500PMB BLK,  1-Intel Core-i5 10500 3.1G/S1200,  1-MB ASUS TUF GAMING Z590-PLUS,  1-FAN ID-Cooling IS-40X,  1-VGA-12Gb NVIDIA RTX 3060,  1-SSD WDS250G2B0A,  2-HDD-10Tb Seagate-NAS,  4-KVR26N19D8/16,  3-Cable SATA SATA3-7PL45S,  1-HDD Bracket 5.25" to 3.5",  1-HDD Bracket 3.5" to 2.5",  1-PW-850W PS-SPR-0850FPCBEU-R),  KVM консоль ATEN CL5708M |

* + 1. Сервер

Состав сервера представлен в таблице 2:

|  |  |
| --- | --- |
|  | 1-RPC-500PMB BLK,  1-Intel Core-i5 10500 3.1G/S1200,  1-MB ASUS TUF GAMING Z590-PLUS,  1-FAN ID-Cooling IS-40X,  1-SSD WDS250G2B0A,  2-HDD-10Tb Seagate-NAS,  4-KVR26N19D8/16,  3-Cable SATA SATA3-7PL45S,  1-HDD Bracket 5.25" to 3.5",  1-HDD Bracket 3.5" to 2.5",  1-PW-850W PS-SPR-0850FPCBEU-R |

* + 1. Автоматическая зарядная станция БВС
    2. Система локального позиционирования БВС
    3. БВС мультикоптерного типа, включающий следующие компоненты:
       1. рама, двигатели, винты;
       2. полетный контроллер;
       3. бортовой вычислитель;
       4. датчик(-и) положения внутри системы локального позиционирования / ультразвуковые сенсоры
       5. фотокамера привода на посадку, одновременно являющаяся резервной камерой;
    4. Полезная нагрузка
       1. Фотокамера разрешения высокой четкости 4к с многократным ЗУМ;
       2. Светильник дополнительного освещения/ подсветки для съемки в условиях недостаточной освещенности;
       3. Микрофон;
       4. Датчик водорода и метана;
       5. Тепловизионный модуль;
       6. Прибор беспроводной для измерения вибрации;

ПО автоматизированного распознавания и дефектов и отклонений, предустановленное на инженерную 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.
   1. **Основные параметры и характеристики**
      1. ПАК МКО имеет следующие характеристики:

Точность обхода по маршруту ±2 см.

* + 1. Обработка фотоснимков:

Формат, размер снимков – jpeg

Время передачи отснятого материала – 20 мин

Время на обработку, классификацию примерно – 1 час

Формат печати отчета – pdf

Качество классификации – не менее 98%

* + 1. Автоматическая зарядная станция

Питание от бытовой розетки ±220В 50-60Гц

* 1. **Требования назначения**

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

* + 1. Станция оператора (автоматизированное рабочее место оператора БВС на планшетном компьютере с ОС на базе Android, с предустановленным программным обеспечением управлением и связи с БПЛА).
       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. Инженерная станция (автоматизированное рабочее место на персональном компьютере, с предустановленным программным обеспечением автоматизированного поиска дефектов и отклонений в работе оборудования ТЭС).
       1. 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.
       2. Функционирование системы распознавания независимо от того, включен ли планшет оператора БВС
    3. Сервер
       1. Ведение и систематизация архива

1. фотоснимков без дефектов.
2. фотоснимков с дефектами (отклонениями) в соответствии с разработанной классификацией дефектов.
3. 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:
4. для разных наборов изображений (снимки с различной разрешением и контрастностью) и нескольких методов машинного обучения;
5. выявление аномалии по изображениям без определения того или иного дефекта (отклонения);
6. 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. Автоматическая зарядная станция аккумуляторов БВС
        1. Позволяет заряжать аккумуляторы БВС;
        2. Хранить БВС
     2. Система локального позиционирования БВС
        1. Представляет собой набор QR-код, нанесенных на маршруте обхода БВС;
        2. Корректирует текущие значения навигационных параметров (местоположения) БВС
     3. БВС
        1. Осуществляет доставку и перемещение полезной нагрузки в пространстве ТЭС
        2. Передвигается по маршруту с заданной точностью
        3. 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
           4. Формировать сигнал сохранения снимка или запись/остановка видео съемки в пределах маршрута облета ТЭС
           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 оборудования ТЭС (в полуавтоматическом и ручном режимах).
     4. Полезная нагрузка для проведения обследования
        1. Камера производит съемку оборудования ТЭС и сохраняет фотоснимки / видео на внутренней microSD карте памяти
        2. Прожектор подсвечивает исследуемую область поверхности топки котлоагрегатов
        3. Для обнаружения дефектов:
           1. Микрофон;
           2. Датчик водорода и метана;
           3. Тепловизионный модуль;
           4. Прибор беспроводной для измерения вибрации;
7. **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 осуществлять калибровку магнитного компаса вблизи крупных металлических или железобетонных конструкций.

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.

Режимы функционирования.

ПАК должен функционировать в следующих режимах:

• штатный режим работы - в этом режиме должен быть обеспечен доступ зарегистрированных пользователей ко всем функциям (круглосуточно);

• сервисный режим работы - в этом режиме допускается полная или частичная недоступность функций системы в связи с проведением профилактических работ (резервное копирование), обновлением программной или аппаратной частей (не чаще одного раза в неделю в ночное время продолжительностью не более 8 часов);

• режим аварийного восстановления - в данном режиме происходит восстановление функций ПАК вследствие программно-аппаратного сбоя. В этом режиме полностью или частично недоступна для пользователей (не более 8 часов).

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 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |