|  |  |
| --- | --- |
| 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 7

1.1 КОМПЛЕКТНОСТЬ ПАК МКО 7

1.2 ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ 10

1.3 ТРЕБОВАНИЯ НАЗНАЧЕНИЯ 11

2 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ 15

3 ПРАВИЛА ПРИЁМКИ 16

4 МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ 17

5 УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ 18

6 ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ 19

ПРИЛОЖЕНИЕ А. 21

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ 23

# 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 производственной площадки (ТЭС) (далее ПАК МКО), позволяющий автоматически выполнять контроль работы оборудования ТЭС (агрегаты, насосы, трубопроводы, и т.д., далее – оборудование) и выявлять дефекты и отклонения по фото и (или) видео материалам, полученных после обследования ТЭС беспилотным летательным аппаратом (БВС).

ПАК МКО позволяет:

1. обследовать (облетать) пространство ТЭС, согласно маршруту;
2. производить фото/видео съемку оборудования ТЭС;
3. определять дефекты или отклонения в состоянии оборудования ТЭС согласно разработанному классификатору дефектов;
4. определять места расположения дефектов (отклонений) в локальных координатах ТЭС;
5. накапливать сведения о выявленных дефектах и отклонениях в базе данных сбора информации о проведенных осмотрах;
6. создавать в формате pdf электронные формуляры выявленных дефектов (отклонений);
7. представлять результат осмотра на дату его выполнения в виде pdf, который включает имя файла, графическое изображение, вид дефекта (отклонения) и степень его развития;
8. самообучаться по выявленным дефектам (отклонениям) полученным в процессе эксплуатации.

Классификатор определяемых дефектов (отклонений) представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Перечень дефектов и отклонений определяемые ПАК МКО

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Класс дефекта/отклонения** | **Вид дефекта/отклонения** | |
| Механическое повреждение | Трещина | |
| Свищ | |
| Разрыв | |
| Нештатное вещество / свойство (наличие) | Наличие парение | |
| Посторонний шум | |
| Наличие жидкости | Течь |
| Обводнение стекла |
| Наличие посторонних твердых веществ - коррозия | |
| Изменение 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 | |

Режимы функционирования.

ПАК функционирует в следующих режимах:

• штатный режим работы - в этом режиме разрешен 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).

Данные технические условия действуют совместно со следующими документами:

Программа и методика 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 ноутбуке), 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:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Наименование | Кол-во |
| 1 | RPC-500PMB BLK | 1 |
| 2 | Intel Core-i5 10500 3.1G/S1200 | 1 |
| 3 | MB ASUS TUF GAMING Z590-PLUS | 1 |
| 4 | FAN ID-Cooling IS-40X | 1 |
| 5 | VGA-12Gb NVIDIA RTX 3060 | 1 |
| 6 | SSD WDS250G2B0A | 1 |
| 7 | HDD-10Tb Seagate-NAS | 2 |
| 8 | KVR26N19D8/16 | 4 |
| 9 | Cable SATA SATA3-7PL45S | 3 |
| 10 | PW-850W PS-SPR-0850FPCBEU-R) | 1 |
| 11 | KVM консоль ATEN CL5708M | 1 |
| 12 | HDD Bracket 5.25" to 3.5" | 1 |
| 13 | HDD Bracket 3.5" to 2.5" | 1 |

* + 1. Сервер

Состав сервера представлен в таблице 2:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Наименование | Кол-во |
| 1 | RPC-500PMB BLK | 1 |
| 2 | Intel Core-i5 10500 3.1G/S1200 | 1 |
| 3 | MB ASUS TUF GAMING Z590-PLUS | 1 |
| 4 | FAN ID-Cooling IS-40X | 1 |
| 5 | SSD WDS250G2B0A | 1 |
| 6 | HDD-10Tb Seagate-NAS | 2 |
| 7 | KVR26N19D8/16 | 4 |
| 8 | Cable SATA SATA3-7PL45S | 3 |
| 9 | PW-850W PS-SPR-0850FPCBEU-R) | 1 |
| 10 | HDD Bracket 5.25" to 3.5" | 1 |
| 11 | HDD Bracket 3.5" to 2.5" | 1 |

* + 1. Автоматическая зарядная станция БВС МВАУ.XYXYXY.004
    2. Система локального позиционирования БВС

Представляет собой набор QR-кодов меток

* + 1. БВС МВАУ.XYXYXY.00Z, включающий следующие компоненты:
       1. рама, двигатели, винты;
       2. полетный контроллер;
       3. датчик(и) положения внутри системы локального позиционирования (ультразвуковые сенсоры)
       4. бортовой вычислитель;
       5. фотокамера привода на посадку, одновременно являющаяся резервной камерой;
    2. Полезная нагрузка
       1. 4К фотокамера noname AliExpress;
       2. Диодная подсветка;
       3. Микрофон Saramonic SR-ULM10;
       4. Датчик водорода и метана MQ-8;
       5. Тепловизионный модуль Flir Vue 640 PRO;
       6. Прибор беспроводной для измерения вибрации ViBlock ВЦ.402243.027.
    3. 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:

Продолжительность полета – 25 мин;

Масса – 4 кг;

Время зарядки с 20% до 90% – 30 мин

Точность обхода по маршруту ±2 см;

Крейсерская скорость обхода - 3 м/с;

* + 1. Обработка фотоснимков

Формат, размер снимков – jpeg;

* + 1. Автоматическая зарядная станция

Габаритные размеры 1500х1500x610 мм;

Питание от бытовой розетки ±220В 50-60Гц;

Ток зарядки – 10А;

Потребляемая мощность - не более 3кВт;

* + 1. Формат печати отчета – pdf;
  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 ноутбуке), 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;
       5. Управление полезной нагрузкой.
    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 ноутбук оператора БВС
       3. Проведение дообучения системы распознавания дефектов (отклонений)
    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. Выявление аномалии по изображениям без определения дефекта.
       4. Определение дефекта или отклонения в состоянии оборудования ТЭС по классификатору.
       5. Сортировка полученных фотоснимков используя координаты каждого снимка
       6. Определение местоположения дефекта (отклонения) оборудования ТЭС
       7. 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 дообучения 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. Является местом посадки и взлета и хранения БВС;
        2. Производит зарядку БВС без снятия аккумулятора.
     2. Система локального позиционирования БВС
        1. Представляет собой набор QR-код, нанесенных на бумагу с липкой обратной частью
        2. QR коды наносятся на статичные объекты на маршруте обхода БВС для корректировки текущего 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 фото/видеосъемки
           8. Обнаруживать препятствия в процессе полета по маршруту и принимать меры по предотвращению столкновений
           9. Подготавливать данные для передачи в программное обеспечение системы выявления дефектов поверхностей нагрева топки котлоагрегатов после окончания съемки или вовремя подзарядки элементов электропитания.
           10. 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 и зарядка комплекса рекомендуется проводить в автоматической зарядной станции.

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.

(справочное)

Таблица А1 – Характеристики входящих в ПАК МКО составных частей

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование | Значение |
| БВС |  |
| Масса полезной нагрузки, кг | 1,00 |
| Дальность полета, км | 4,5 |
| Скорость, км/час | 7 |
| Стартовая масса, кг | 3,3 |
| Продолжительность полета, мин | 25 |
| Габариты БВС не более, мм | 550x600x300 |
| Курсовая камера |  |
| Realsence |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| Станция оператора |  |
| Разрешение дисплея  Время работы встроенной батареи (ч) | 1080p  2,5 |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| Полезная нагрузка для проведения фото/ видео обследования |  |
| Камера |  |
| Разрешение фото с HDR, MP  битрейтом видео  Стабилизация  Сжатие  Разрешение видео | 12  100 Mб/с  Трехосевая  H.264  4К, 2,7К,1440Р 1080Р |
| Прожектор |  |
| светодиодный |  |
| Аккумулятор |  |
| Емкость, (мАч)  Напряжение, (В)  Тип литий-полимерный  Энергия (Вт ч)  Масса нетто, (кг) | 5935  52,8  12S  274  ~1,35 |
| Жесткий диск (Тб) | 10 |
| Питание  Напряжение (В)  Частота (Гц) | 220–240  50–60 |
| Эксплуатационные ограничения |  |
| Диапазон рабочих температур (°C) | 0...+30 |
| Относительная влажность (%) | 10 ... 90 |
|  | |

# Лист регистрации изменений

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