|  |  |
| --- | --- |
| 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 автоматизированного выявления дефектов поверхностей нагрева котлоагрегатов в объеме визуального и инструментального контроля

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 для автоматизированного выявления дефектов поверхностей нагрева котлоагрегатов в объеме визуального и инструментального контроля |
| 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).

ПАК МКО позволяет:

1. определение дефекта или отклонения в состоянии оборудования ТЭС по разработанному классификатору дефектов;
2. определение места расположения дефекта (отклонения) на электронной схеме (3D модели) главного корпуса ТЭС, с координатами каждого найденного дефекта (отклонения) в локальных координатах цеха (производственной площадки);
3. обозначение на электронном формуляре вероятного дефекта (отклонения)
4. накопление сведений о выявленных дефектах и отклонениях в электронном формуляре – базе данных сбора информации о проведенных осмотрах;
5. представление результата осмотра на дату его выполнения в виде текстового файла, который включает имя файла графического изображения, вид дефекта (отклонения) и степень его развития;
6. функционирование системы распознавания независимо от того, включен ли АРМ оператора;
7. постоянное самообучение с учетом внесения фактических данных по выявленным дефектам в случаях уточнения результатов осмотров с использованием существующих методов.
8. 98% относительно фактически зафиксированных дефектов на объекте.

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. Беспилотный летательный аппарат и полезная нагрузка.
    2. Автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора БПЛА (станция оператора) на планшетном компьютере с ОС на базе Android или Windows 10, с предустановленным программным обеспечением управлением и связи с БПЛА.
    3. Автоматизированное рабочее место на персональном компьютере (ноутбук, инженерная станция), с предустановленным программным обеспечением автоматизированного поиска дефектов и отклонений в работе оборудования ТЭС.
    4. Автоматическая зарядная станция БПЛА
    5. Система локального позиционирования БПЛА
    6. БПЛА будет представлять собой мультикоптер, 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. Дополнительно в работе следует рассмотреть установку и исследовать возможности применения следующих сенсоров:
       9. пирометр (тепловизор);
       10. микрофон;
       11. датчик водорода и метана;
       12. ИК-камера;
       13. ультразвуковые сенсоры.

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 трубной поверхности топки котлоагрегата на основании полученных фотоснимков, 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**

ПАК МКО имеет следующие характеристики:

* + 1. Подзадача обследование топки котлоагрегата

Количество тары – 5 кейсов (полезные нагрузки лежат в отдельных кейсах)

Время / порядок развертывания на месте – 30 мин

Розетки для питания +220В - 2 шт

Время исследование одной стены – примерно 30 мин

Время работы на паре аккумуляторов – примерно 35-40 мин

Количество сменных аккумуляторов – 6 шт

* + 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. Эксплуатационные ограничения
    2. Характеристики и точность

Позиционирование при проведении фотосъемки

Точность посадки –

* 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. Пульт ДУ
       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. Система ориентации и проведения обследования в топке котла
       1. Осуществляет измерение дальности до поверхности (стен)
    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: 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);
    4. Полезная нагрузка для проведения фото/ видео обследования:
       1. Камера производит съемку поверхностей нагрева топки котлоагрегатов с сохранением фотоснимоков на внутренней microSD карте памяти
       2. Прожектор подсвечивает исследуемую область поверхности топки котлоагрегатов
    5. Зарядная станция для аккумуляторов
       1. Позволяет одновременно заряжать БВС
    6. АРМ распознавания и классификации дефектов
       1. Мобильная рабочая станция имеет ударопрочный корпус, пыле-влагозащиту достаточную для условий эксплуатации.
       2. Программное обеспечение автоматизированного распознавания и дефектов трубной поверхности топки котлоагрегата на основании полученных фотоснимков содержит следующие модули GUI, сеть машинного обучения, БД SQL.
       3. GUI решает следующие задачи:
          1. Взаимодействие/выполнение действий пользователя с ПО
          2. Открытие и просмотр фотоснимков
          3. Определение местоположения дефекта
          4. Формирование формуляра по результатам обследования
          5. Сортировка полученных фотоснимков используя координаты каждого снимка
          6. Ведение и систематизация архива
* фотоснимков без дефектов,
* фотоснимков с дефектами в соответствии с разработанной классификацией дефектов.
* фотоснимков, применяемых для обучения нейронной сети
  + - * 1. Накопление сведений о выявленных дефектах 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 и степень его развития.
        3. Раздельная выгрузка данных для пользователей проводящих ликвидацию дефектов и пользователей контролирующих выполнение работ.
      1. Функции сети машинного обучения
         1. Алгоритмы распознавания дефектов используют оптимальные решения для выявления дефектов 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;
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 дефектам 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. **Упаковка**
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 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |