|  |  |
| --- | --- |
| СОГЛАСОВАНО | УТВЕРЖДАЮ  И.о. проректора по научной работе  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Ю.А. Равикович  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2022 г. |
|  |  |

Программно-аппаратный комплекс автоматизированного выявления дефектов поверхностей нагрева котлоагрегатов в объеме визуального и инструментального контроля

Технические условия

МВАУ.XXXXXX.002ТУ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | |  | |
| Действует на изделия | | | |
| ПАК ВИК |  | |  |

Содержание

ГЛОССАРИЙ И ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ 3

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ 4

1 ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ 6

1.1 СОСТАВ ПАК ВИК 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 ВИК | 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 ВИК |

# **Вводная часть**

Настоящие ТУ распространяются на программно-аппаратный комплекс автоматизированного выявления дефектов поверхностей нагрева котлоагрегатов в объеме визуального и инструментального контроля (далее ПАК ВИК).

ПАК ВИК позволяет:

1. Проводить съемку поверхностей нагрева топки котлоагрегата с использованием БВС в следующих режимах:

* автоматическом (без участия человека);
* полуавтоматическом;
* ручном;

1. Формировать базу данных (облако) фотоснимков, полученных в результате обследования;
2. Определять местоположение (локальные координаты) распознанных дефектов;
3. Распознавать и классифицировать дефекты поверхностей нагрева парового котла на полученных фотоснимках;
4. Классифицировать не менее пяти видов распознанных дефектов с уровнем достоверности не менее 98% относительно фактически зафиксированных дефектов на объекте.

Классифицируемые виды дефектов:

1. Крип (деформация металла - ползучесть, под действием колебаний температур);
2. Коррозия (разрушение металла, окисление);
3. Цвета побежалости (вследствие теплового воздействия);
4. Трещина, разрыв (разрушение металла);
5. Выход трубы (панели) из ряда (повреждение дистанцирующего элемента крепления трубы (панели) к несущим элементам котла);
6. Формировать отчет с результатами классификации дефектов поверхностей нагрева топки котлоагрегата в электронном виде;
7. Вести базу данных отчетов(формуляров) ВИК;

Данные технические условия действуют совместно со следующими документами:

Программа и методика приемо-сдаточных испытаний МВАУ.ХХХХХХ.002ПМ;

Руководство по эксплуатации ПАК ВИК МВАУ.XXXXXX.002РЭ;

Паспорт на ПАК ВИК;

Комплект КД, ПД, документация на DJI Matrice 300.

Пример записи при заказе: «Программно-аппаратный комплекс для автоматизированного выявления дефектов поверхностей нагрева котлоагрегатов в объеме визуального и инструментального контроля (далее ПАК ВИК) МВАУ.XXXXXX.002».

1. **Технические требования**
   1. **Комплектность ПАК ВИК**

Состав должен соответствовать схеме деления МВАУ.XXXXXX.002.Е1:

* + 1. БВС DJI Matrice 300:

1. Несущая платформа в сборе:
2. Обтекатель,
3. Контролер полетный,
4. Вычислитель бортовой,
5. Камера курсовая,
6. Дальномеры: датчики визуальные оптические, ИК(ToF),
7. Светодиодная подсветка верхней и нижней плоскости,
8. Двигатели,
9. Шасси полозковое;
10. Винт воздушный – 4 шт;
11. Батарея аккумуляторная TB60 – 2 шт;
    * 1. Пульт ДУ DJI Smart Controller Enterprise (в составе АРМ оператора БВС);
      2. Система ориентации и проведения обследования в топке котла:
12. Дальномер Tfmini+ - 4шт;
13. Дальномер Tf2 Pro – 2шт;
14. Кронштейны для крепления на несущую платформу;
15. Обтекатель;
16. Одноплатный компьютер Jetson nano с кабельной сетью для подключения к несущей платформе;
17. Напольный прожектор освещения топки;
18. Камера Realsense;
19. ПО ориентации, навигации и проведения обследования предустановленное на одноплатный компьютер Jetson nano;
    * 1. Полезная нагрузка для проведения фото/ видео обследования:
20. Адаптер для установки полезной нагрузки;
21. Подвес с камерой DJI Zenmuse Z30;
22. Подвес с прожектором DJI Wingsland Z15;
    * 1. Запасная аккумуляторная батарея Intelligent Flight Battery TB60 – 6 шт;
      2. Зарядная станция BS60;
      3. Автоматизированное рабочее место распознавания и классификации дефектов в составе:
23. Мобильная рабочая станция;

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 |

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.
2. Комплект эксплуатационной документации;
3. Комплект конструкторской документации;
4. Диск с дистрибутивом ПО ориентации, навигации и проведения обследования;
5. Диск с дистрибутивом ПО автоматизированного распознавания и дефектов трубной поверхности топки котлоагрегата.
   1. **Основные параметры и характеристики**

ПАК ВИК имеет следующие характеристики:

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

Время развертывания на месте – 30 мин;

Требуемое количество розеток питания +220В - 2 шт (АРМ и кейс для зарядки);

Время исследование площади соответствующей одной вертикальной стены (S = 7,5м х 20м = 150м2), примерно – 30 мин;

Время работы на паре аккумуляторов, примерно – 35-40 мин;

Количество сменных аккумуляторов – 6 шт;

Время зарядки пару аккумуляторов до 90% - 30 мин (с 20%)

Формат, размер снимков – jpeg, 20 Мп;

Время передачи отснятого материала – 20 мин;

Время на обработку, классификацию примерно – 2 час;

Формат печати отчета – pdf;

Качество классификации – не менее 98%.

Эксплуатационные ограничения:

Температура эксплуатация - от 0 до 30ºC,

Допустимая влажность воздуха, не более % - 90.

* 1. **Требования назначения**

ПАК ВИК должен соответствовать требованиям настоящих технических условий и комплекта конструкторской документации согласно спецификации МВАУ.XXXXXX.002.

* + 1. БВС DJI Matrice 300

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

* + 1. Пульт ДУ DJI Smart
       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. Набор аккумуляторов Intelligent Flight Battery TB60
       1. Обеспечивает питанием несущую платформу в сборе, систему ориентации проведения обследования в топке котла, полезную нагрузку
    6. Зарядная станция для аккумуляторов BS60
       1. Позволяет одновременно заряжать от сети 8 Intelligent Flight Battery TB60 (БВС), 4 Intelligent Battery WB37 (пульт управления)
    7. 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**

ПАК ВИК в транспортировочном состоянии состоит из 5 кейсов:

1. Оригинальный DJI кейс с БВС DJI Matrice 300, и интегрированной системой ориентации и проведения обследования в топке котла
2. Оригинальный DJI кейс с камерой (полезная нагрузка)
3. Оригинальный DJI кейс с прожектором (полезная нагрузка)
4. Оригинальный DJI кейс зарядная станция с комплектом запасных аккумуляторов
5. Кейс [ARIESYS](https://ipc2u.ru/about/vendors/ariesys/) АРМ
6. **Требования безопасности**

Комплекс DJI matrice 300 является источником повышенной опасности. При проведении полетов необходимо соблюдать следующие ограничения:

К запуску и техническому обслуживанию допускаются лица, изучившие DJI matrice 300 RTK - Руководство пользователя v1.8 от 2021-04-19 или новее.

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.

Запрещается запуск БВС при обнаружении какой-либо неисправности комплекса.

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

DJI Matrice 300 оборудован системой предотвращения столкновений, работающий в режимах: «выбор ракурса» и «фотоштатив».

Прочие требования по безопасности эксплуатации несущей платформы в сборе приведены в MATRICE 300 RTK - Руководство пользователя v1.8 от 2021-04-19, MATRICE 300 RTK Руководство по технике безопасности для аккумулятора Intelligent Flight Battery v1.2 от 2020-09-28, MATRICE 300 RTK Зарядная станция для аккумуляторов Intelligent Battery BS60 Руководство пользователя от 2020-06-17.

Зона безопасности

1. **Правила приёмки**

Правила приёмки приведены в Программе и методиках приёмо-сдаточных испытаний МВАУ.XXXXXX.002ПМ.

1. **Методы контроля**

Методы контроля приведены в Программе и методике приёмо-сдаточных испытаний МВАУ.XXXXXX.002ПМ.

1. **Указания по эксплуатации**

К эксплуатации ПАК ВИК допускаются персонал прошедший обучение по программе «Эксплуатация программно-аппаратного комплекс для автоматизированного выявления дефектов поверхностей нагрева котлоагрегатов в объеме визуального и инструментального контроля (ПАК ВИК)».

Хранение, транспортирование комплекса допускается только в транспортировочных кейсах.

При подготовке к применению следует следовать инструкциям, описанным в главе «Подготовка к применению» МВАУ.XXXXXX.002РЭ «Руководство по эксплуатации ПАК ВИК».

Эксплуатация ПАК ВИК включая применение по назначению, техническое обслуживание и ремонт должна производиться в соответствии с правилами, изложенными в МВАУ.XXXXXX.002РЭ «Руководство по эксплуатации ПАК ВИК».

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

1. **Гарантии изготовителя**

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

Лист согласования

# Приложение А.

(справочно)

Таблица А1 – Характеристики входящих в ПАК ВИК составных частей

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование | Значение |
| БВС DJI Matrice 300: |  |
| 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 , кг | 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 | 8,37 | 501 х 403 х 252 | | Кейс ARIESYS АРМ |  |  | | |

# Лист регистрации изменений

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