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

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

Программа и методики испытаний

МВАУ.XXXXXX.002ПМ

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

Содержание

Глоссарий и перечень сокращений 3

1 Общие положения 4

2 Общие требования к условиям, обеспечению и проведению испытаний 5

3 Требования безопасности 6

4 Методы испытаний и (или) измерений показателей (характеристик); 7

Лист согласования 15

Приложение А. 16

Приложение Б 17

Приложение В. Перечень рекомендуемых средств измерений и контроля 18

Лист регистрации изменений 19

# 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 |

# Общие положения

* 1. Объектом испытаний является программно-аппаратный комплекс для автоматизированного выявления дефектов поверхностей нагрева котлоагрегатов в объеме визуального и инструментального контроля (далее ПАК ВИК).
  2. Цель испытаний - проверка соответствия ПАК ВИК требованиям ТУ
  3. На испытания предъявляется ПАК ВИК с комплектом ЭТД (РЭ, РО, Паспорт) КД и ПД. Основными документами, определяющими виды испытаний и контроля, последовательности их проведения, контролируемые параметры и нормы на них являются ТУ на ПАК ВИК, ЭТД, ПД, настоящая программа и методика приемо-сдаточных испытаний.
  4. ПАК ВИК должен эксплуатироваться по техническому состоянию.
  5. Состав и последовательность приёмо-сдаточных испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Объём приёмо-сдаточных испытаний

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование испытаний и контроля | Номер пункта ТУ | Методика контроля |
| Проверка требования к комплектности ПАК ВИК | 1.1 | 4.1 |
| Проверка основных параметров и характеристик | 1.2 | 4.2 |
| Проверка требований назначения ПАК ВИК | 1.3 | 4.3 |
| Проверка требований упаковки | 1.4 | 4.4 |

* 1. Перечень рекомендуемого измерительного оборудования, на приёмо-сдаточные испытания представлен в таблице В1 Приложения В. Средства измерения на территории Заказчика предоставляет Заказчик.

1. Общие требования к условиям, обеспечению и проведению испытаний
   1. Общие требования к условиям и месту проведения испытаний

Температура эксплуатация от 0 до 30ºC

Допустимая влажность воздуха не более 90%

Условия проведения испытаний в топке котлоагрегата:

* чистота поверхностей нагрева всего объема топки,
* положительной температурой воздуха всего объема топки,
* отсутствием тяги на уровне 5 мм вод ст.

Испытания проводятся на Объекте, который утверждает Заказчик

Испытания должны проводиться с соблюдением мер безопасности в топке. Мероприятия по обеспечению безопасности на территории проведения испытаний обеспечивают эксплуатанты (владельцы) Объекта.

Персонал, проводящий испытания должен ознакомиться c РЭ на ПАК ВИК и инструкциями по безопасности работы на Объекте.

* 1. Общие требования к порядку работы на изделии

В текущей редакции методики проведения испытаний раскрываются внутри пунктов программы испытаний.

Указание, на методику, инструкции по которой следует определять (измерять) показатель (характеристику), а также формулы расчета для определения показателей (характеристик), которые не могут быть определены прямым или косвенным измерением приведены в соответствующем разделе программы и методик испытаний.

При успешном окончании испытаний заполняется и подписывается Протокол ПСИ.

1. Требования безопасности

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

Аккумуляторы БВС и пульта должны быть заряжены не менее чем на 90%.

Запрещается запуск БВС при обнаружении какой-либо неисправности комплекса.

Проведение испытаний ПАК ВИК должны производиться в соответствии с правилами, изложенными в МВАУ.XXXXXX.002РЭ «Руководство по эксплуатации ПАК ВИК».

Во время проведения испытаний управление БВС DJI Matrice 300 должно проводиться персоналом с документом подтверждающий квалификацию внешнего пилота БВС или аналогичный, и изучившие DJI matrice 300 RTK - Руководство пользователя v1.8 от 2021-04-19 или новее.

По завершению испытаний ПАК ВИК следует убрать в их транспортировочные кейсы. Не допускается перегрев и транспортировка разряженных (менее 40%) аккумуляторов.

ВНИМАНИЕ! В виду особенностей условий эксплуатации штатные средства навигации GPS и магнитометры НЕ РАБОТАЮТ. Ориентация БВС осуществляется только по информации с дальномеров и оптических датчиков. Во избежание поломки БВС в автоматическом режиме без системы ориентации и проведения обследования в топке котла ПОЛЕТЫ НЕ СОВЕРШАТЬ!

1. Методы испытаний и (или) измерений показателей (характеристик);

Далее будут описаны проверки по каждому пункту ТУ (ТЗ). Таблица соответствия пунктов указана в таблице 1.

* 1. Проверка требования к комплектности ПАК ВИК
     1. Проверка соответствия ПАК ВИК требований п. 1.1. Проверка выполняется путем сверки паспортов (этикеток), ПАК ВИК и составных частей ПАК ВИК на соответствие пункту 1.1 ТУ.

Стенд ПАК ВИК считать соответствующим требованиям, если данная проверка выполнена успешно.

* 1. Проверка требования к определяемым показателям и (характеристикам) и точность их измерений.

Таблица 2 - Основные характеристики ПАК ВИК

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Наименование | Характеристика | № пункта методики |
|  | Количественные характеристики: |  |  |
| 1 | Время развертывания на месте | 15 мин ± 5 мин | 4.3.6 |
| 2 | Время исследование площади соответствующей одной вертикальной стены (S ≈ 7,5м х 20м ≈ 150м2), | 28 мин ± 5 мин | 4.3.6 |
| 3 | Время работы на паре аккумуляторов | 35 мин ± 5 мин | 4.3.6 |
| 4 | Время зарядки пару аккумуляторов с 20% до 90% | 30 мин ± 5 мин | 4.3.6 |
| 5 | Время зарядки пару аккумуляторов с 0% до 100% | 60мин ± 5 мин |  |
| 6 | Время передачи отснятого материала | 20 мин ± 5 мин | 4.3.6 |
| 7 | Время на обработку и классификацию дефектов | 60 мин ± 10 мин | 4.3.6 |
| 8 | Качество классификации | 98% | 4.3.6 |
| 9 | Качественные характеристики: |  |  |
| 10 | Количество сменных аккумуляторов | 6 шт | 4.1 |
| 11 | Формат печати отчета | pdf | 4.3.6 |
| 12 | Формат снимков | jpeg | 4.3.5 |
| 13 | Размер снимков | 20 Мп | 4.3.5 |
| 14 | Внешние питание: бытовые розетки 220В  (АРМ и кейс для зарядки); | 2 шт | 4.1 |
| 15 | Количество тары (полезные нагрузки лежат в отдельных кейсах) | 5 кейсов | 4.1 |

Проверка требований к определяемым показателям, характеристикам и точности их измерений обеспечивается проверкой документацией на соответствующие СЧ.

Перечень оборудования, класс точности измерительного оборудования и для определения показателей указан в приложение В.

* 1. Проверка требований назначения ПАК ВИК
     1. Для проверки соответствия ПАК ВИК требованию п. 1.3.1 ТУ необходимо выполнить следующие действия:

В ручном режиме:

1. Развернуть комплекс
2. Снять полезную нагрузку
3. Взять пульт ДУ, взлететь согласно DJI matrice 300 RTK - Руководство пользователя v1.8 от 2021-04-19 или новее, взлететь на высоту 1-2 метра.
4. Убедиться, в том, что БВС в сборе с полезной нагрузкой стабильно держится в воздухе.
5. В полуавтоматическом режиме (режим штатива): отклонить стики на джойстике, убедиться в том, что БВС DJI Matrice 300 в ожидаемых направлениях меняет свое местоположение.
6. Присоединить полезную нагрузку к БВС DJI Matrice 300.
7. Повторить пункты в) – д)
8. Посадить БВС DJI Matrice 300

БВС DJI Matrice 300 (кроме режима S - смотри руководство пользователя DJI matrice 300) оснащена системой предотвращения столкновений.

Пункт считать выполненным, а ПАК ВИК соответствующим требованию если данная проверка выполнена успешна.

* + 1. Для проверки соответствия ПАК ВИК требованию п. 1.3.2.1 ТУ, п. 1.3.2.2, п. 1.3.2.3 ТУ, п. 1.3.2.4 ТУ необходимо выполнить следующие действия:

1. Присоединить полезную нагрузку к БВС DJI Matrice 300.
2. Взять пульт ДУ, взлететь согласно DJI matrice 300 RTK - Руководство пользователя v1.8 от 2021-04-19 или новее, взлететь на высоту 0.8-1.8 метра.
3. В полуавтоматическом режиме (режим штатива): отклонить стики на джойстике, убедиться в том, что БВС DJI Matrice 300 в ожидаемых направлениях меняет своем положение.
4. На пульте ДУ перейти в меню отображения картинки с камеры согласно руководству пользователя
5. Увидеть на экране пульта ДУ картинку с камеры
6. На пульте ДУ перейти в меню отображения телеметрии БВС согласно руководству пользователя
7. Увидеть на экране пульта ДУ телеметрию
8. Нажать на кнопку остановки полета (6) страница 11 DJI matrice 300 RTK - Руководство пользователя v1.8 от 2021-04-19 или новее

Пункты считать выполненными, а ПАК ВИК, соответствующий требованиям, если данная проверка выполнена успешна.

* + 1. Для проверки соответствия ПАК ВИК требованию п. 1.3.3.1 ТУ.

1. Взять БВС, поднести к стене.
2. Добиться измерения расстояния с помощью дальномеров системы ориентации и проведения обследования в топке (м.б. посмотреть логи при проведении фото/видео съемки)
3. Полученное измеренное значение дальности сравнить с дальностью полученной с помощью рулетки.
4. Разница не должна превышать 5%.

Пункт считать выполненными, а ПАК ВИК, соответствующий требованиям, если данная проверка выполнена успешна.

* + 1. Для проверки соответствия ПАК ВИК требованию п. 1.3.4.1-1.3.4.8 ТУ.

Данный пункт описывает комплексную проверку системы ориентации, навигации и проведения обследования в автоматическом режиме:

1. Развернуть комплекс
2. Включить БВС и АРМ
3. Включить напольный проектор для освещения исследуемой стены (поверхности) топки
4. Убедиться, что заряд аккумуляторов не менее 90%, при необходимости заменить аккумуляторы по одному
5. Установить БВС на стартовую позицию
6. Выставить на АРМ необходимые настройки (маршрут облета, степень перекрытия фотографий = частоту фотосъемки)
7. С помощью АРМ / пульта управления запустить процесс облета
8. Дождаться завершения облета заданной стены и посадки БВС на стартовую позицию
9. Вынуть флэш-накопитель из БВС
10. Скопировать снимки на жесткий диск АРМ
11. Убедиться, что на карте присутствуют снимки на текущую дату.
12. Удалить данные (форматировать). Извлечь флэш-накопитель. Флэш-накопитель готов к установке на БВС
13. В GUI на АРМ выбрать пункт новое сканирование, выбрать ТЭЦ, котел
14. Распознавание запуститься автоматически. Дождаться завершения процесса распознавания
15. Скомпилировать pdf отчет

Пункт считать выполненными, а ПАК ВИК, соответствующий требованиям, если в GUI наблюдается, возможно с перекрытиями, склеенная картинка из фотоснимков без пустых участков поверхности топки.

* + 1. Для проверки соответствия ПАК ВИК требованию п. 1.3.4.9 ТУ.

В полуавтоматическом режиме согласно руководству пользователя DJI (РП DJI) используя пульт ДУ подлететь к интересующему месту

Провести съемку (правый триггер) см РП DJI.

Пункт считать выполненными, а ПАК ВИК, соответствующий требованиям, если данная проверка выполнена успешна.

* + 1. Для проверки соответствия ПАК ВИК требованию п. 1.3.5.1 ТУ.

Пункт считать выполненными, а ПАК ВИК, соответствующий требованиям, если пункт 4.3.8 выполнен.

* + 1. Для проверки соответствия ПАК ВИК требованию п. 1.3.5.2 ТУ

Включить прожектор с пульта ДУ

Пункт считать выполненными, а ПАК ВИК, соответствующий требованиям, если данная проверка выполнена успешна.

* + 1. Для проверки соответствия ПАК ВИК требованию п. 1.3.6.1 ТУ

Пункт считать выполненными, а ПАК ВИК, соответствующий требованиям, если пункт 4.3.1 выполнен.

* + 1. Для проверки соответствия ПАК ВИК требованию п. 1.3.7.1 ТУ

1. Подключить зарядную станцию к сети
2. Вставить аккумуляторы зарядную станцию
3. Убедиться, что загорелась индикация заряда аккумулятора
4. При необходимости вставить аккумуляторы в другие слоты и повторить пункты б) и в).
5. Проверить отображаемое количество заряда подключив аккумуляторы к БВС или/и пульту ДУ.

Пункт считать выполненными, а ПАК ВИК, соответствующий требованиям, если данная проверка выполнена успешна.

* + 1. Для проверки соответствия ПАК ВИК требованию п. 1.3.8.1 ТУ

Сравнить внешний вид АРМ с документацией на мобильную рабочую станцию.

Пункт считать выполненными, а ПАК ВИК, соответствующий требованиям, если данная проверка выполнена успешна.

* + 1. Для проверки соответствия ПАК ВИК требованию п. 1.3.8.2 ТУ

1. Включить мобильную рабочую станцию
2. Запустить ярлык приложения «GUI.exe»
3. Запустить ярлык приложения «Сети машинного обучения»
4. Запустить ярлык приложения БД «mySQL»

Пункт считать выполненными, а ПАК ВИК, соответствующий требованиям, если приложения запустились.

* + 1. Для проверки соответствия ПАК ВИК требованию п. 1.3.8.3 ТУ

В GUI открыть список исследований

Внешний вид данных в программе представляет собой древовидную структуру сгруппированную по названию ТЭЦ.

При нажатие на строку с названием ТЭЦ должно открываться два подменю:

перечень фотографий. Фотографии, отмеченные красным выделением, содержат дефекты. При нажатии на них будет открыта фотография с выделенным красной рамкой местом дефекта.

модель поверхности, сшитая из снимков по их координатам.

??? формуляры в pdf

Пункт считать выполненными, а ПАК ВИК, соответствующий требованиям, если выполнены пункты.

* + 1. Для проверки соответствия ПАК ВИК требованию п. 1.3.8.4.1 ТУ

Алгоритмы распознавания дефектов используют оптимальные решения для выявления дефектов по изображениям.

Выявляются дефекты с использованием не менее двух различных алгоритмов.

Открыть документацию на сети машинного обучения убедиться в том, что выбранные нейронные обеспечивают требования по точности распознавания дефектов.

Пункт считать выполненными, а ПАК ВИК, соответствующий требованиям, если данная проверка выполнена успешна.

* + 1. Для проверки соответствия ПАК ВИК требованию п. 1.3.8.4.2 ТУ

Сети машинного обучения

Запустить в сети машинного обучения по 100 снимков на каждый дефект (при нехватке снимков с дефектами разрешается использовать синтетически созданные снимки)

Сеть должна найти и классифицировать не менее 98% по каждому дефекту.

Пункт считать выполненными, а ПАК ВИК, соответствующий требованиям, если данная проверка выполнена успешна.

* + 1. Для проверки соответствия ПАК ВИК требованию п. 1.3.8.4.3 ТУ

1. В GUI на снимке вручную отменить дефект.
2. На снимке участок с дефектом должен отметиться цветом
3. В списке должен появиться указанный выше снимок с пометкой, что на нем присутствует дефект

Пункт считать выполненными, а ПАК ВИК, соответствующий требованиям, если данная проверка выполнена успешна.

* + 1. Для проверки соответствия ПАК ВИК требованию п. 1.3.8.4.4, 1.3.8.4.5 ТУ

Обучение искусственного интеллекта проводится

1. для разных наборов изображений (снимки с различной разрешением и контрастностью) и нескольких методов машинного обучения;
2. возможно 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.

В БД выбрать снимки с одинаковыми дефектами (с учетом внесения фактических данных по выявленным дефектам в случаях уточнения результатов осмотров и с распознанными в автоматическом режиме)

Выбранные данные представляют обновленный датасет

Запустить ярлык согласно инструкции дообучения и запустить дообучение нейронной сети с выбранным датасетом.

Пункт считать выполненными, а ПАК ВИК, соответствующий требованиям, если ярлык дообучения запустился.

* + 1. Для проверки соответствия ПАК ВИК требованию п. 1.3.8.5 ТУ

В комплекте поставляется программа mySQL. Запустить ярлык, наблюдать запуск приложения с БД. БД позволяет выдавать отчеты, сгруппированные по одинаковым дефектам.

Пункт считать выполненными, а ПАК ВИК, соответствующий требованиям, если данная проверка выполнена успешна.

* 1. Проверка требований упаковки

Проверку считать выполненным, а ПАК ВИК соответствующим требованию пункта 1.4 ТУ если выполнен пункт 4.1.1.

ПАК ВИК соответствует требованиям ТУ и прошел испытания если:

* выполнил все испытания, приведенные в данном 4 (четвертом) разделе.
* в пределах установленной зоны обследования обеспечить распознавание 5 видов дефектов с сходимостью не менее 98% относительно фактически зафиксированных дефектов на объекте.
* процесс полета БПЛА при проведении обследования фотографирования был осуществлён в автоматическом режиме (полетом по заданному маршруту без участия человека)

Лист согласования

# Приложение А.

ГОСТ РВ 15.307-2002 Форма 6

**ПРОТОКОЛ №**

приемосдаточных испытаний изделий \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ за № \_\_\_\_\_\_\_\_\_

наименование или индекс

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наимено­вание параметров | Еди­ница вели­ | обозначение документов  номера пунктов | | Требования[[1]](#footnote-1)\*  к параметру | | | Данные испыта­ний | Дата | Подпись предста­витель­ | При­меча­ние |
| (показате­лей, признаков) изделий | чины | техни­ческих требований | методов испыта­ний (кон­троля) | но­мин. | пред откл | пред зна­че­ние | (контро­ля) |  | ства заказчика |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изделия (партии) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ за № \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

наименование или индекс

соответствуют требованиям \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

обозначение документов

приняты и годны для использования по назначению (эксплуатации).

Изделия (партии) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ за № \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

наименование или индекс

не соответствуют требованиям \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

обозначение документов

и подлежат возврату ОТК.

ОТК изготовителя \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

подпись инициалы, фамилия дата

# Приложение Б

# Приложение В. Перечень рекомендуемых средств измерений и контроля

Таблица В.1 Перечень рекомендуемых средств измерений и контроля

|  |  |
| --- | --- |
| Средство измерения | Примечание |
| Рулетка | 2-5м |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

# Лист регистрации изменений

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

1. \* Для отдельных параметров может предусматриваться задание требований к параметру в виде предельных значений (“не более”; “не менее”) вместо задания номинального значения с предельными отклонениями. При оценке значений параметров по качественным признакам (калибры, контрольно-поверочная оснастка и т.п.), а также при использовании автоматизированных средств контроля (без записи параметров) в протоколах испытаний допускается вместо фактического количественного значения контролируемых параметров указывать “Соответствует КД (ТУ)”. [↑](#footnote-ref-1)