

# ПИРОМЕТРЫ В СОВРЕМЕННОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ПРОИЗВОДСТВА. RAYNGER MX4+/MX6 PHOTOTEMP.

*А. В. Бардаков (Украина), Висенте С. Рибейро (Швеция)*

*ООО НПФ «Харьков-Прибор», г. Харьков*

*Обслуживание и готовность производства. Виды обслуживания. Коррективное обслуживание (ремонт). Профилактическое обслуживание. Обслуживание основанное на состоянии оборудования. Цикл обслуживания. Проверка качества выполнения обслуживания. Функции необходимые в приборах для обслуживания основанного на состоянии. Обзор функций пирометров МХ. Отчет, документирование. МХ6 PhotoTemp и тепловизоры.*

*Обслуживание и готовность производства*

Содержание промышленного оборудования в рабочем состоянии необходимо не только для производства как такового, а для производства качественной продукции. Оно играет важную роль в готовности производства. Под готовностью производства подразумевается следующая величина:

$$\text{Готовность} = \frac{\text{Время работы}}{\text{Общее время}}$$

$$\text{Общее время} = \text{Время работы} + \text{Время простоя}$$

Готовность производства можно повысить либо увеличив время работы, либо сократив время простоя.

Использование инфракрасных технологий в первую очередь касается работающего оборудования. Например, при обслуживании электрического оборудования есть возможность определить место возникновения дефекта, степень его развития, не отключая оборудования, то есть без его простоя.

В отдельных случаях важно отложить ремонт из-за невозможности остановки производства вследствие производственных нужд или отсутствия запасных комплектующих. В таком случае необходимо использовать какие-либо средства для непрерывного контроля готового выйти из строя оборудования с целью увеличения времени работы производства в критическом состоянии.

*Виды обслуживания*

Можно выделить три основных вида обслуживания.

- Ремонт (коррективное обслуживание)

- Профилактическое обслуживание
- Обслуживание основанное на состоянии оборудования

### *Ремонт*

Ремонт является наиболее распространенным видом обслуживания. На многих предприятиях ремонт может составлять до 80% всего проводимого обслуживания.

Осуществление ремонта производится в том случае, если что-либо вышло из строя. Это приводит к потере производственного времени, оборудования и к выполнению дополнительной работы обслуживающим персоналом в любое время суток. Незапланированные остановки создают дополнительную нагрузку на обслуживающий персонал и зачастую приводят к тому, что ремонт выполняется не лучшим образом, без использования надлежащего оборудования.

### *Профилактическое обслуживание*

При профилактическом обслуживании ремонт или контроль состояния оборудования производится через определенные интервалы (времени, количества рабочих циклов, километров и т.п.). Часто производитель оборудования рекомендует интервалы, через которые необходимо проводить осмотр и диагностику.

Профилактическое обслуживание широко используется и составляет около 20% времени затрачиваемого обслуживающим персоналом на ремонт.

Что связано с профилактическим обслуживанием: потери производственного времени, дополнительные расходы связанные с простоем производства или оборудования, продление срока службы оборудования, увеличение стоимости замены комплектующих и запчастей, более низкие затраты труда и снижение вероятности случайных отказов.

### *Обслуживание основанное на состоянии оборудования*

Для некоторых видов оборудования есть возможность заменить профилактическое обслуживание обслуживанием основанным на состоянии оборудования. Основной принцип – быстро анализировать состояние оборудования во время работы и затем по результатам анализа принимать решение о необходимости ремонта или обслуживания. Средствами анализа могут быть различные виды анализа: вибрационный анализ, анализ масла, термографический или температурный анализ.

К чему приводит данный вид обслуживания: снижение потерь производственного времени вследствие того, что часто возможно уменьшить время простоя и увеличить время работы, меньшие финансовые затраты вследствие того, что своевременное обнаружение и исправление дефекта менее дорогостоящее, меньшие затраты на замену запчастей, а так же сокращение затрат труда. Стоимость оборудования предназначенного для обслуживания

основанного на состоянии оборудования часто незначительна в сравнении с долговременной экономией средств.

*Цикл обслуживания.*

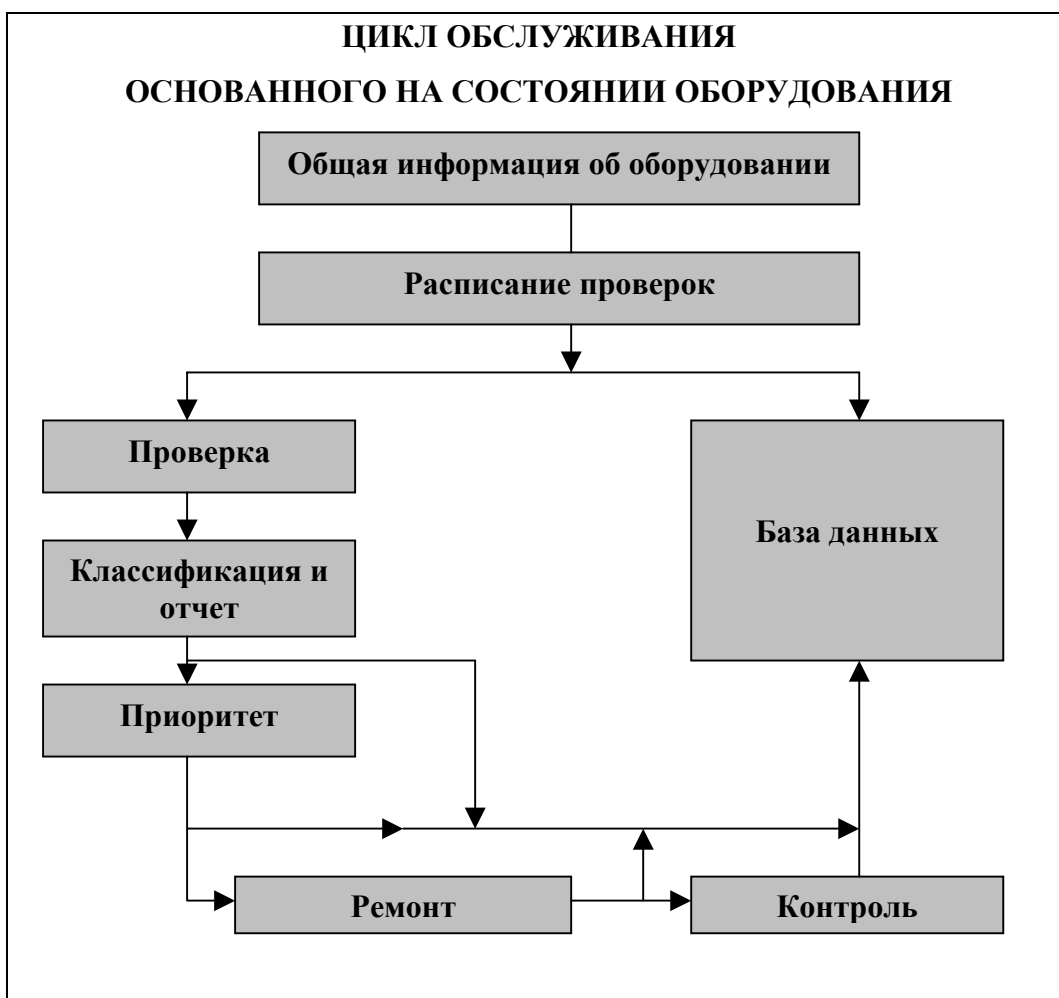


Рис. 1. Цикл обслуживания

Типичный цикл обслуживания можно показать на рис. 1 [6]. На предприятии имеется информация о работающем оборудовании. На основании рекомендаций производителя оборудования составляется расписание проверок оборудования. Результаты проверки классифицируются и на их основании составляется соответствующий отчет о результатах. По результатам отчета принимается решение либо о необходимости проведения ремонта, либо о необходимости дальнейшего наблюдения за оборудованием без вмешательства в его работу. В случае ремонта необходим последующий контроль результатов ремонта для проверки качества его выполнения. Как в случае ремонта, так и в случае продолжения контроля результаты заносятся в общую базу данных об оборудовании, которая используется в дальнейшем для составления расписания проверок.

Приборы для измерения и визуализации температуры в настоящее время широко используются для обслуживания, в особенности для обслуживания и контроля состояния электрического оборудования.

Для оценки степени дефектности электрооборудования учитывается не только температура элемента, но так же условия его работы, то есть температура окружающей среды, нагрузка на элемент. По полученным данным рассчитывается коэффициент дефектности или степень неисправности элемента. Методика расчета и оценки регламентируется нормативными документами [2].

Степень дефектности элемента может рассматриваться как мера ожидаемого риска отказа данного элемента. Отказ простого компонента может привести к незапланированной остановке производства и непредсказуемым экономическим последствиям. В таких условиях для повышения степени готовности производства необходимо не только уменьшать количество дефектных элементов, но так же необходимо оценивать степень их неисправности.

После нахождения неисправных элементов необходимо составить отчет, в котором будет список неисправных элементов с указанием их степени дефектности и условий работы. Такой отчет будет использоваться обслуживающим персоналом для правильного вмешательства в работу элементов. В такие отчеты полезно включать фотографии самих неисправных элементов.

Такой подход часто позволяет продлить срок службы оборудования, поскольку обслуживание и ремонт осуществляется не по истечении какого-то периода независимо от состояния оборудования, а непосредственно по результатам оценки состояния.

#### *Проверка качества выполнения обслуживания*

После выполнения ремонта, когда температура элемента намного ниже безопасных уровней указанных производителем, часто рекомендуется «производить ремонт во время следующей запланированной остановки», удерживая элемент под постоянным наблюдением. Постоянное наблюдение подразумевает наличие соответствующего инфракрасного прибора для бесконтактного контроля температуры через промежутки времени, определяемые режимом работы элемента.

На многих предприятиях результаты проведения ремонта не контролируются в течение длительных периодов времени, от полугода до года. В случае, когда услуги по термографии предоставляются сторонней организацией или отдельным подразделением предприятия, график работы таков, что повторные обследования проводятся один или два раза в год. Этого было бы достаточно, если бы все исправленные дефекты не вызывали проблем в дальнейшем.

Однако известно, что это не так. Статистика показывает, что до одной трети исправленных отказов вызывает проблемы после ремонта [6]. То есть до 30% обнаруженных неисправностей остаются таковыми даже после ремонта, порождая опасность отказа. В современной промышленности такая ситуация не допускается и не должна допускаться.

Повторное привлечение сторонней организации оказывающей услуги по термографии зачастую требует значительных дополнительных затрат и не является результативным, поскольку ремонт различных отказавших элементов производится не одновременно. К тому же ремонт некоторых элементов может требовать остановки производства, что достаточно трудно спланировать и согласовать с рабочим графиком организации оказывающей услуги по термографии. В результате потенциально опасные элементы остаются таковыми. В данной ситуации недорогой инфракрасный прибор может быть страховкой от потерь, вызванных внезапным отказом того или иного элемента.

#### *Функции необходимые в приборах для обслуживания основанного на состоянии*

Описанный выше подход к обслуживанию оборудования требует наличия соответствующих приборов, которые бы позволили эффективно реализовать идеологию обслуживания основанного на состоянии оборудования. Если рассматривать прибор для бесконтактного измерения температуры, то он должен иметь возможность измерения максимальной температуры, минимальной температуры. Поскольку предполагается документирование информации и возможное использование компьютерных программ организующих обслуживание, необходимо наличие встроенной памяти и возможность непосредственной передачи информации из памяти прибора в компьютер. Как прибор для бесконтактного измерения температуры, который может использоваться для измерения температуры различных веществ такой прибор должен иметь возможность учитывать относительную излучательную способность измеряемого вещества для точного измерения температуры.

#### *Обзор функций пирометров MX*

Пирометры Raynger серии MX изначально создавались как инструменты для проверок, обследований или инспекций, ориентированные на конечного пользователя и для решения его задач. Исходя из наиболее часто востребованных в таких случаях функций, разрабатывался интерфейс прибора и подбирался набор встроенных функций. Приборы MX имеют диапазон измеряемых температур от  $-30$  до  $900$  °С, разрешающую способность по температуре  $0,1$  °С. Имеется возможность по результатам измерения определить максимальную, минимальную, среднюю температуру за время измерения, а так же разность температур. Это позволяет при помощи всего лишь пирометра исследовать градиенты температур и находить горячие участки. Пирометры имеют встроенный цифровой интерфейс для обмена данными с персональным компьютером и для настройки пирометра.

В случае пирометра MX4+ это интерфейс RS-232, для MX6 PhotoTemp это интерфейс USB 1.1. Оба пирометра имеют 100 ячеек памяти, в которых могут храниться результаты измерения температуры. Каждой ячейке памяти кроме номера (по умолчанию) можно присвоить уникальное имя соответствующее измеряемому объекту. Так же дополнительно для каждой ячейки памяти можно установить значение относительной излучательной способности измеряемого вещества и значения уставок, что позволяет автоматизировать обнаружение перегретых или переохлажденных участков. MX6 PhotoTemp кроме указанных выше функций имеет уникальную на сегодняшний день возможность фотографирования измеряемого объекта **в момент измерения температуры**. На фотографии записываются дата и время проведения измерения, название ячейки памяти, состояние уставок и использованное для измерений значение относительной излучательной способности. Объем оперативной памяти прибора (около 1 МБ) достаточно для хранения до 26 цветных фотографий с полным SVGA разрешением 640x480 пикселей, или до 100 цветных фотографий с четвертным SVGA разрешением 320x240 пикселей в формате JPEG. Поскольку для хранения графической информации используется формат JPEG, нельзя, к сожалению, абсолютно точно определить объем памяти используемой для хранения каждой фотографии. Это связано с тем, что алгоритм сжатия дает разные результаты для изображений с различным количеством мелких деталей. Так для хранения изображения с большим количеством мелких деталей может потребоваться больший объем памяти, чем для хранения изображений с малым количеством мелких деталей. Пример этого дан на рис. 2. Приведено две фотографии полученные при помощи MX6 PhotoTemp, с одинаковым разрешением 640x480 пикселей. Левая фотография имеет объем 99,2 кБ, правая фотография имеет объем 61,9 кБ.

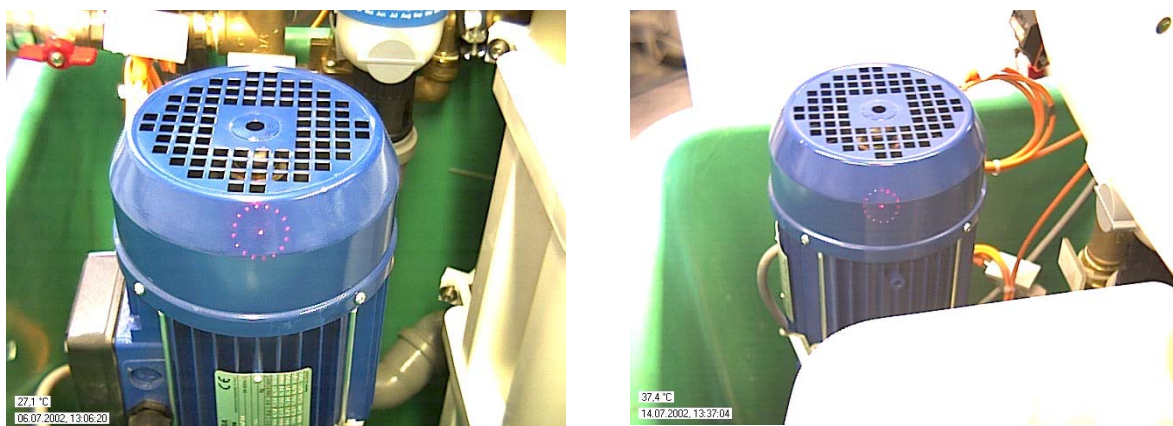


Рис. 2. Фотографии полученные при помощи MX6 PhotoTemp

Программное обеспечение DataTemp MX, поставляемое в комплекте с приборами позволяет сохранять данные из прибора на компьютере, результаты измерения температуры со всеми измеренными температурами и состоянием уставок, а так же фотографии, накапливать

данные за множество измерений, производить анализ изменения температуры для выбранных ячеек.

Набор указанных выше функций превращает пирометры МХ в инструменты для контроля состояния промышленного оборудования, с возможностью автоматизации этого контроля. Фактически расписание обследования или процедура обследования могут быть запрограммированы в приборе, и технологию обслуживания, основанного на состоянии оборудования, можно полностью реализовать при помощи данного устройства.

#### *Отчет, документирование*

Важной возможностью, которую предоставляют приборы МХ является создание отчета на базе результатов измерений, а так же документирование этих результатов. Если вернуться к циклу обслуживания (рис. 1), то можно отметить в нем наличие таких пунктов, как «Классификация и отчет» и «База данных». Использование приборов МХ подразумевает автоматическое использование таких механизмов в работе. Создание отчетов и накопление информации дает возможность проводить анализ работы оборудования предприятия и заранее выявлять тенденции в развитии состояния оборудования. Наличие своевременной достоверной информации с возможностью прогнозирования позволяет оптимизировать проведение плановых ремонтов и обслуживания производственного оборудования. Возможность получения фотографии с зафиксированными на ней температурой, датой, временем и условиями проведения измерений переводит работу обслуживающих подразделений на новый уровень. Появляется возможность четко указать место обнаружения неисправности, а затем потребовать контрольную фотографию этого же места после проведения ремонта.

#### *МХ6 PhotoTemp и тепловизоры [7]*

##### Обследование

Наиболее важной возможностью ИК тепловизора является возможность быстро обследовать большие области. Например, подстанцию среднего размера вне помещения можно обследовать за 0,5-1 час. Чтобы выполнить то же самое при помощи МХ6 PhotoTemp потребуется около 4-5 часов. Однако результат будет тот же. Для ускорения обследования при помощи МХ6 рекомендуется пользоваться уставкой установленной на температуру на 5 °С выше рабочей температуры электрического оборудования и быстро сканировать критические точки.

В помещениях, комнатах управления с большим количеством электрических шкафов разность во времени обследования будет меньше, поскольку большая часть времени будет уходить не на обследование, а на открытие шкафов и подтверждение безопасности работы.

##### Контроль

На остальных этапах цикла обслуживания, для контроля ремонта или содержания известного неисправного элемента под постоянным температурным контролем, эффективность использования МХ6 такая же, или выше, чем у тепловизора. Все, поскольку МХ6 проще установить стационарно, сохранить значения температуры в компьютере и даже использовать уставки для сигнализации критических температур перегревающегося элемента.

После выполнения ремонта или после установки новых компонентов контроль и документирование результатов выполнения работы при помощи МХ6 PhotoTemp по эффективности не уступает тепловизору. В случае отсутствия перегревов термограмма полученная при помощи тепловизора имеет низкую контрастность и отдельные детали изображения трудно различить. Это является одной из причин, почему некоторые тепловизоры имеют встроенный цифровой фотоаппарат подобный МХ6.

Существенным преимуществом МХ6 PhotoTemp по сравнению с тепловизором является его стоимость, которая приблизительно в 10 раз ниже стоимости самого недорогого тепловизора, позволяющего измерять температуру, а не только отображать тепловое изображение.

Список литературы.

1. Геращенко О.А., Гордов А.Н. и др. Температурные измерения. Справочник.–Киев: Наук. думка, 1989.– 704 с.
2. ГКД 34.20.302-2002. Норми випробування електрообладнання.– Київ: ОЕП “ГРІФРЕ”, 2002.– 217 с.
3. P. Clarke. Non-contact, Budget Infrared Temperature Measurement.– Coxmoor: Machine, Plant&Systems Monitor.– 2000.– January/February.– p . 22-23.
4. R. Newport. Portable Infrared Cameras for Plant Condition Monitoring.– Coxmoor: Machine, Plant&Systems Monitor.– 1999.– January/February.– p . 17-21.
5. S. Reilly. Infrared In Predictive Maintenance.– Coxmoor: Machine, Plant&Systems Monitor.– 1999.– September/October.– p . 22-23.
6. V. Ribeiro. IR Non-Contact Thermometers in Modern Maintenance. 1999. SPIE XXI Thermosense conference. SPIE No. 3700-36.
7. V. Ribeiro. Use of the Photo Temp MX6 in Maintenance.– Raytek International Sales Meeting 2002.