

**В. М. Кравченко**, *д-р. техн. наук, профессор*

*(Украина, Мариуполь, Приазовский государственный технический университет)*

**В. А. Сидоров**, *канд. техн. наук, доцент*

*(Украина, Донецк, Донецкий национальный технический университет)*

**В. В. Буцукин**, *канд. техн. наук, доцент*

*(Украина, Мариуполь, Приазовский государственный технический университет)*

## **ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ**

Одной из ведущих тенденцией в современном горно-металлургическом и угольном оборудовании является повышение производительности машин и связанное с этим значительное увеличение нагрузок, размеров, массы и стоимости. Сочетание высокой производительности и существенной стоимости отдельных элементов оборудования привело к заметному увеличению экономических потерь, связанных с неплановыми простоями для устранения отказов, возникающих в ходе эксплуатации оборудования [1,2]. В связи с этим одним из основных путей повышения экономической эффективности предприятий горно-металлургической и угольной промышленности является обеспечение высокой эксплуатационной надежности подобных изделий.

Как свидетельствует опыт эксплуатации и исследований горно-металлургического и угольного оборудования одним из важнейших условий эффективного обеспечения высокой эксплуатационной надежности подобного оборудования является организация сбора достоверной информации путем наблюдения за работой машины в производственных условиях по заранее разработанной программе, позволяющей учесть индивидуальные особенности ее эксплуатации [1-3]. Наиболее простым и доступным методом сбора такой информации является визуальная оценка состояния оборудования при осмотрах. Визуальный осмотр может проводиться в динамическом режиме (при работающем оборудовании) и в статическом режиме (при остановленном). Этот метод позволяет, как прямым путем обнаружить неисправность, так и косвенным подтвердить наличие повреждения или дефекта. Необходимо отметить отсутствие приборов и средств, способных реализовать функции выполняемые человеком при визуальном осмотре. Отличительной особенностью визуального осмотра являются трудности при формализации процесса и решения задачи распознавания.

**Целью** настоящей работы является обобщение опыта в области визуальной оценки состояния оборудования.

Визуальный осмотр проводится исходя из возможностей человеческого зрения. Основным недостатком человеческого глаза является то, что при малой освещенности ему не помогают лучшие оптические приборы. Чаще всего осмотр проводится в условиях худшей освещенности, чем при дневном свете. Значения освещенности для выполнения визуального осмотра – 1000...2000 лк. Человеческий глаз эффективно приспособляется к различной освещенности,

глазу требуется от 10 до 15 минут для адаптации к изменению освещенности. Зрение позволяет воспринимать форму, цвет, яркость и движение предметов. Человек около 90% информации получает благодаря зрению.

На расстоянии наилучшего зрения (25 см) нормальный человеческий глаз способен различить две точки, отстоящие одна от другой на 0,07 мм. В условиях оптимального освещения при хорошей контрастности человек способен оценить размер порядка 40 мкм. Порог остроты зрения при нормальной яркости объекта соответствует примерно 1'. Оптимальное условие различения объекта происходит при 30...40'. Наибольшую чувствительность глаз имеет по отношению к волнам, лежащим к волнам в середине спектра видимого света – 500...600 нм. Этот диапазон соответствует излучению желто-зеленого цвета.

Необходимо отметить субъективность восприятия зрительной информации. Человек видит то, что знает. Незнакомые, неопознанные мозгом предметы остаются вне поля зрения. Поэтому важнейшим вопросом является определение диагностических, различаемых особенностей осматриваемой поверхности. По отношению к металлическим деталям таким диагностическим признакам соответствуют: цвет, форма, сплошность, шероховатость поверхности.

Трещины – это разрывы, преимущественно двухмерного характера. Ограничивающие поверхности трещин часто располагаются перпендикулярно к поверхности детали. Абразивный износ - участки с повышенной шероховатостью вдоль направления действия абразива. Цвета побежалости - дефект поверхности в виде пятнистой (от желтого до синевато-серого цвета) окисной пленки. Пятна ржавчины - дефект поверхности в виде пятен или полос с рыхлой структурой окисной пленки. Вмятины - дефект поверхности в виде произвольно расположенных углублений различной формы, образовавшихся вследствие повреждений и ударов поверхности. Риска - дефект поверхности в виде канавки без выступа кромок с закругленным или плоским дном, образовавшийся от царапания поверхности металла. Могут быть тонкими и широкими.

При трении и изнашивании возникает ряд явлений и процессов, повреждающих и разрушающих поверхности деталей. Схватывание при трении - явление местного соединения материалов сопряженных поверхностей вследствие взаимодействия молекулярных сил. Перенос металла - явление, состоящее в местном соединении материалов сопряженных поверхностей, последующем его отрыве и переходе материала на другую поверхность. Заедание - процесс возникновения и развития повреждений поверхностей трения вследствие схватывания и переноса материала. Задир - повреждение поверхности в виде широких и глубоких борозд в направлении скольжения. Царапание - образование углублений на поверхности трения в направлении скольжения при воздействии выступов твердого тела или твердых частиц с рабочей поверхностью детали. Отслаивание – отделение с поверхности трения материала в форме чешуек. Выкрашивание - отделение с поверхности трения материала, приводящее к образованию углублений на поверхности трения. Сложным является не только распознавание характера повреждения, но и построение логических причинно-следственных цепочек появления повреждений.

Основные задачи, решаемые при визуальном осмотре: определение причин и характера разрушения и износа деталей по виду поверхности износа или

излома; обнаружение трещин корпусных деталей, опор или основания; контроль поступления смазочного материала либо отсутствие подтеканий масла; контроль биений валов, муфт, затяжки резьбовых соединений.

Операции по контролю поступления смазки зависят от способа подачи смазочного материала к узлам механизма. При этом контролируется и отсутствие подтеканий масла - признака определяющего избыток смазки, неисправность уплотнений или ослабление резьбовых соединений. Биения вала возникают при повреждениях подшипников, а биения муфт свидетельствуют либо об их повреждениях или о неправильной центровке валов.

Колебания масляной или водной пленки, появление пузырей в местах соединений деталей - результат ослабления резьбовых соединений. На это указывает и появление порошка красного цвета (окиси железа), появляющегося в местах относительного перемещения деталей из-за насыщения поверхностных слоев металла кислородом, при воздействии растягивающих напряжений. Наличие четкой разделительной линии между корпусом механизма и фундаментом, определяет необходимость затяжки резьбовых соединений.

К визуальным методам может быть отнесен и метод диагностирования редукторов по значению мертвого хода. При неподвижном выходном вале проворачивают входной до выбора зазоров в зубчатых передачах и по значению угла поворота входного вала судят о степени износа зубьев.

К недостаткам визуальных методов можно отнести: малую вероятность обнаружения мелких поверхностных дефектов, зависимость результатов осмотра от субъективных факторов и условий контроля. Тем не менее, простота методов контроля, малая трудоемкость, возможность осмотра больших площадей и достаточная информативность делает их незаменимыми при контроле технического состояния оборудования. Данные методы предваряют оценку технического состояния, использование методов неразрушающего контроля, являясь основным аргументом наличия повреждений либо дефектов.

Визуальный контроль с использованием оптических приборов называют визуально-оптическим. Эти методы наиболее доступны и просты при обнаружении поверхностных дефектов и осмотра внутренних поверхностей. Разборка механизмов для осмотра требует значительных затрат средств и ресурсов. Для обнаружения повреждений в труднодоступных местах применяют специальные оптические приборы - технические эндоскопы.

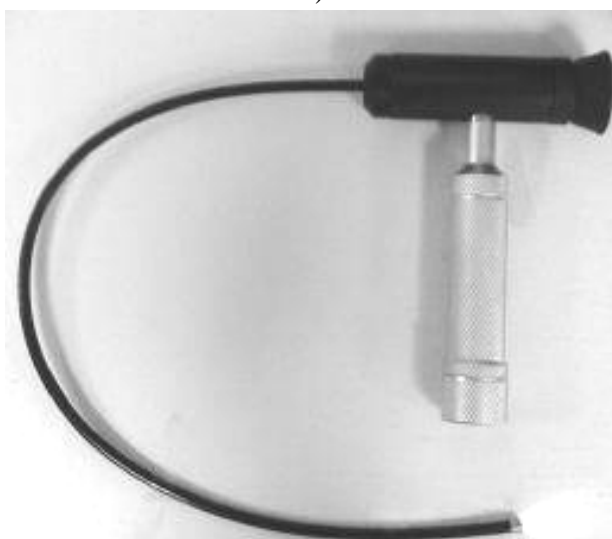
Использование эндоскопов позволяет повысить эффективность ремонтных воздействий при общем снижении затрат на ремонт. Данный прибор поможет избежать излишней разборки и замены узлов и деталей, позволяя определить участки, где это необходимо. С помощью эндоскопа возможно получение предварительных сведений о времени и объеме требуемых работ. Эндоскоп в переводе с греческого: *endon* - внутри и *skopeo* – рассматривать. Эндоскопы разделяются на гибкие и жесткие. Бороскоп (*borescope*) в иностранной литературе это жесткие эндоскопы. Фиброскоп, флексоскоп – англоязычные названия гибких эндоскопов от *fiber* - волокно, *flexible* – гибкий.

Основа эндоскопа - оптическая система, состоящая из рабочей части с оптическими волокнами или линзами, с помощью которых изображение передается от объекта к окуляру прибора. Чтобы сделать изображение видимым, изучае-

мый объект необходимо осветить. Для этого применяют осветительную систему - осветитель с источником света и световодный кабель для передачи света от осветителя к объекту (рис. 1). Диапазон возможных исполнений эндоскопов весьма широк. Рассмотрение технических характеристик этого оборудования может составить тему отдельной статьи.



а)



б)

Рис. 1. Технические эндоскопы: а) бороскоп; б) фиброскоп

Основной областью применения эндоскопов является осмотр внутренних полостей механизмов: редукторов, трубопроводов, гидро- и пневмоцилиндров, двигателей внутреннего сгорания, турбин, компрессоров, газотурбинных, электрических двигателей, турбогенераторов, котлов, теплообменников. Диагностическими признаками деталей данных механизмов являются: трещины, задиры, следы схватывания поверхности, коррозия. Количество выявляемых с помощью эндоскопов дефектов и повреждений увеличивается в несколько раз по сравнению с традиционными методами.

Для осмотра в динамическом режиме используется, стробоскопический эффект для «остановки» вращающейся осматриваемой поверхности. Известны механические и электронные стробоскопы.

Человеческий глаз сохраняет зрительное восприятие в течение приблизительно 0,1 секунды. Поэтому, при наблюдении быстровращающихся или колеблющихся тел глаз не может уловить последовательность изменения фаз процес-

са. Наблюдатель в этом случае «видит» как одно целое всю область пространства, ограниченную крайними положениями тела. Если колеблющееся или вращающееся тело освещать очень короткими (по сравнению с периодом обращения тела) вспышками так, чтобы зрительное восприятие за промежутки между вспышками не успевало пропадать, то глаз будет воспринимать процесс не в реальной последовательности фаз, а в той последовательности, в которой он наблюдает процесс в моменты времени, «остановленные» светом.

Например, при освещении периодическими вспышками вращающегося предмета точно через промежутки времени, равные периоду вращения, глаз будет фиксировать предмет всегда в одном и том же положении, и наблюдателю предмет покажется остановившимся. Это явление используется для осмотра быстровращающихся деталей, определения истинной частоты вращения, для различения биений муфт, валов.

Аппарат, создающий периодические вспышки, называется стробоскопом. Конструкция стробоскопа представляет собой газосветную лампу, помещенную в центре светоотражательного рефлектора. Включение лампы происходит от генератора электрических импульсов с регулируемой частотой (рис.2).



Стробоскоп позволяет проводить измерения сдвига фаз колебаний относительно отметки на вращающемся неуравновешенном роторе. Такое использование стробоскопа находит широкое применение при балансировке роторов на балансировочных станках и в собственных подшипниках.

Электронные стробоскопы (рис. 3) выполняют яркие вспышки дающие возможность освещать инспектируемое устройство на расстоянии, обеспечивая широкую видимую область. Диапазон до 12500 вспышек в минуту обеспечивает широкий диапазон использования. Частота вспышек настраивается оператором. Наличие функции сдвига фазы позволяет «замораживать» движение в положении, рекомендованном для инспектирования оборудования, совершающего возвратно-поступательное или вращательное движение, без остановки машины.

Рис. 2. Стробоскоп TMRS 1 производства фирмы SKF



Рис. 3. Электронные стробоскопы

В качестве стробоскопа может использоваться вращающийся диск с секториальной прорезью (рис. 4). Стробоскопический эффект достигается за счет совпадения скорости вращения изучаемого объекта и скорости вращения диска, позволяющего осматривать объект через равные промежутки времени.

Качество и удобство проведения визуальной оценки состояния оборудования заметно повышают увеличители и вспомогательные устройства. Визуальный осмотр можно производить при небольшом увеличении ( $\times 2$ ,  $\times 4$ ,  $\times 6$ ,  $\times 10$ ) с использованием широко распространенных приборов - измерительных луп с фиксированным фокусным расстоянием и осветителем, переносных измерительных микроскопов с увеличением  $\times 20$ ,  $\times 40$ ,  $\times 80$ ,  $\times 100$ .

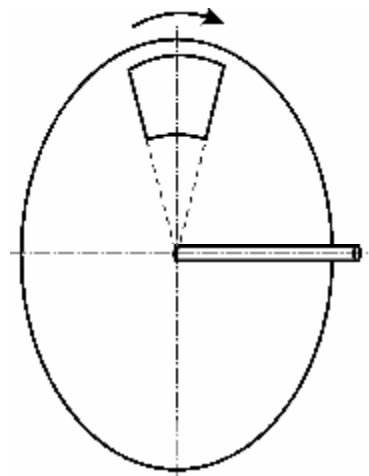


Рис.4. Диск стробоскопа

В статье приведены основные направления и диагностические признаки одного из важнейших органолептических методов распознавания технического состояния оборудования - визуального. Действительный арсенал возможностей человека как диагностического «прибора» гораздо шире. К сожалению, данный опыт, накопленный поколениями механиков, может исчезнуть. Сейчас прерывается преемственность в передаче знаний, что должно быть восполнено обобщением ранее используемых методов контроля технического состояния в статьях, наставлениях, инструкциях, учебниках. Эффективность органолептических методов сравнима с эффективностью приборных методов диагностирования и определяется степенью использования полученной информации о техническом состоянии.

## Выводы

1. Интенсивное развитие автоматизированных систем контроля технического состояния оборудования, характерное для последних двадцати лет, приводит, при не критическом использовании опыта передовых стран, к постепенному вытеснению органолептических методов оценки технического состояния,

утрате накопленного за двести лет промышленного развития опыта и знаний.

2. В связи с этим актуальным направлением в области технической диагностики оборудования является разработка комплексных рекомендаций по использованию органолептических методов диагностики, в том числе визуальных, в сочетании с автоматизированными средствами контроля технического состояния как взаимодополняющих друг друга.

3. Комплексное использование визуальных методов и автоматизированного контроля на основе системы датчиков даст возможность обеспечить всестороннюю оценку технического состояния с «перекрестой» проверкой результатов диагностики, что позволит повысить эксплуатационную надежность горно-металлургического и угольного оборудования.

#### **Список литературы**

1. *Элькин И.Л.* Испытания угледобывающих машин / И.Л. Элькин, С.С. Казаков, Г.Е. Шевченко. – М.: Недра, 1980. – 287 с.
2. *Кравченко В.М.* Техническое обслуживание и диагностика промышленного оборудования / В.М. Кравченко. – Донецк: ООО «Юго – Восток Лтд», 2004. – 504 с.
3. *Кравченко В.М.* Техническое диагностирование механического оборудования / В.А. Сидоров, В.Я. Седуш - Донецк: «Юго-Восток», 2009. – 459 с.

***Рекомендовано до друку: профессором Самусею В.І.***