

Список литературы

1. Ударные волны и явления высокоскоростной деформации металлов /под ред. М.А. Маерса и Л.Е. Мура. –М.: Металлургия,1984.
2. Возможный механизм действия двухслойного заряда ВВ при взрывном упрочнении металла. /Дидык Р.П., Сменюк Е.А., Грязнова Л.В. ,Усов О.Я. //Физика горения и взрыва.-1980.- №1.- С.120-126.
3. Долженков И.Е., Долженков И.И. Сфероидизация цементита. -М.: Металлургия, 1984.
4. К теории аномально высокой скорости диффузии в металлах при ударных воздействиях. //ФММ.- Т. 107.- N4.- 2009.- С.353-363.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Дриженком А.Ю.
Надійшла до редакції 11.05.11*

УДК 620.178.5

© В.М. Кравченко, В. А. Сидоров, В. В. Буцукин

ЗВУКОВАЯ ДИАГНОСТИКА МЕХАНИЗМОВ

В работе рассмотрен и обобщен опыт в области органолептической звуковой диагностики узлов механизмов

У роботі розглянуто і узагальнено досвід в області органолептичної звукової діагностики вузлів механізмів

The paper reviewed and summarized the experience in organoleptic sound diagnostic nodes mechanisms

Неплановые остановки горного оборудования вследствие аварий и поломок элементов его механизмов приводит к существенным экономическим потерям, связанным как с дополнительными затратами на неплановую замену узлов так и с потерями добычи. Одним из перспективных способов предотвращения нештатного развития технологических процессов, могущего привести к этим вредным и опасным последствиям, является использование мониторинга состояния как собственно процесса, осуществляемого при помощи оборудования, так и состояния самого оборудования методами технической диагностики. Несмотря на активное внедрение в современное горное оборудование автоматизированных систем контроля, основанных на разного рода датчиках, органолептические методы оценки технического состояния механизмов остаются важной составной частью повседневной работы специалистов, обслуживающих оборудование в процессе эксплуатации [1, 2]. Одним из широко употребляющихся направлений органолептического контроля является оценка технического состояния механизмов на основе анализа шумов, возникающих при их работе.

Аналізу відомих методів оцінки стану механізмів на основі шумів, що виникають при їх роботі, включаючи органолептичні, присвячено значительное количество публикаций и нормативных документов, рассмотренных в [1-4]. Однако рассмотрению комплексного использования органолептических методов звуковой диагностики до настоящего времени достаточного внимания не уделялось [3].

Целью настоящей работы является обобщение опыта в области органолептической звуковой диагностики узлов механизмов.

В современной практике технического обслуживания механизмов анализ шумов проводится по двум направлениям:

1. Акустическое восприятие, позволяющее оценивать наиболее значимые повреждения, меняющие акустическую картину механизма. Весьма эффективно при различении повреждений муфт, определении дисбаланса или ослабления посадки деталей, обрыве стержней ротора, ударах деталей. Диагностические признаки – изменение тональности, ритма и громкости звука.

2. Анализ колебаний механизмов. В этом методе механические колебания корпусных деталей преобразуются в звуковые колебания при помощи технических или электронных стетоскопов. Предпринимаются попытки расширить возможности человеческого восприятия, используя электронные средства.

В механических устройствах, степень повреждения определяется по характеру взаимодействия контактирующих деталей. Физическое явление соударения деталей во время работы реализуется в виде распространения упругих волн акустического диапазона, возникновения механических колебаний (вибраций) и ударных импульсов. Несмотря на единую физическую природу, каждое из этих проявлений имеет свои особенности и различным образом отображает происходящие процессы.

Упругие волны, порождающие акустические колебания, имеют частотный диапазон 20...16000 Гц и прослушиваются специалистом, находящимся рядом с оборудованием. Все слышимые звуки разделяются на шумы и музыкальные звуки. Первые представляют собой непериодические колебания с переменной частотой и амплитудой, вторые — периодические колебания. Между музыкальными звуками и шумами нет четкой границы. Акустическая составная часть шума часто носит ярко выраженный музыкальный характер и содержит разнообразные частоты (тоны), которые легко улавливаются опытным ухом.

Основными свойствами звука являются: громкость, высота и тембр.

Громкость зависит от амплитуды колебаний звуковой волны. Сила звука и громкость – неравнозначные понятия. Сила звука объективно характеризует физический процесс, а громкость определяет качество воспринимаемого звука. Сила звука может меняться от слухового порога (порога слышимости) до болевого порога. Для низких частот громкость воспринимается в большей степени, чем для высоких, при одинаковой амплитуде колебаний звуковой волны. Можно оценивать изменения громкости в 2, 3, 4 раза, оценить увеличение громкости более чем в 4 раза точно не удается.

Высота звука отражает частоту колебаний звуковой волны. Нижняя граница слуха у человека составляет 15...19 Гц; верхняя – 15000...20000 Гц. Чувствительность уха имеет индивидуальные отклонения. Частоты 200...3500 Гц соответствуют спектру человеческой речи. Минимальная длительность звука, при которой можно оценить спектральный состав акустических колебаний - 20...50 мс. При меньшей длительности звук воспринимается как щелчок.

При воздействии частот выше 15000 Гц ухо становится менее чувствительным, теряется способность различать высоту тона. При 19000 Гц предельно слы-

шимыми оказываются звуки, более интенсивные, чем при 14000 Гц. При повышении интенсивности высоких звуков возникает осязание звука, а затем чувство боли. Область слухового восприятия ограничена сверху порогом осязания, снизу порогом слышимости. Наиболее воспринимаемы звуки в диапазоне 1000 до 3000 Гц. В этой области ухо является наиболее чувствительным. Повышенная чувствительность в области 2000...3000 Гц объясняется собственными частотами барабанной перепонки.

Под тембром понимают характер или окраску звука, зависящую от взаимоотношения составляющих частот. Тембр отражает акустический состав звука - число, порядок и силу составляющих (гармонических и негармонических). Тембр зависит от того, какие гармонические частоты складываются с основной частотой, и от амплитуды составляющих частот. В слуховых ощущениях тембр сложного звука играет значительную роль.

Скорость распространения звуковых волн зависит от плотности среды-проводника. Скорость звука в воздушной среде составляет 340 м/с; в воде - 1500 м/с; в стали - 5000 м/с.

Основные наблюдаемые отклонения акустических шумов.

Глухие толчки при изменении направления вращения валов механизма соответствуют износу: шпоночных или шлицевых соединений, элементов муфт, повышенному зазору в зубчатой передаче.

Слабые стуки низкого тона соответствуют сколам шлицов, ослаблению шпоночного соединения, несоосности соединительных муфт.

Резкий металлический звук сопровождает повреждения соединительных муфт. Свистящий звук возникает при проскальзывании ремней ременной передачи. Частые резкие удары соответствуют биениям муфт, неправильной сборке карданных валов.

Прослушивание механических колебаний, возникающих при работе механизма является самым распространенным методом определения состояния работающего оборудования. Механические колебания низкой и средней частоты легко распространяются по корпусным деталям механизма. Для прослушивания механических колебаний используется технический стетоскоп, состоящий из металлической трубки и деревянного (а лучше текстолитового) наушника (рис. 1). Металлическая трубка, установленная на корпусе механизма, позволяет преобразовать механические колебания в акустические, распространяемые внутри трубки к наушнику по акустическому каналу – воздуху, находящемуся в трубке. Этот метод настолько доказал свою надежность, что требования по прослушиванию шумов механизмов включены во все правила технического обслуживания и инструкции по эксплуатации оборудования.

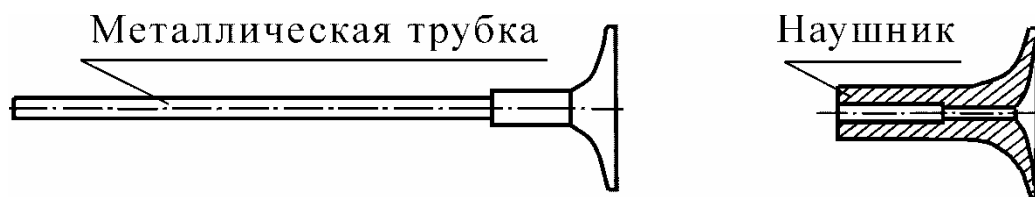


Рис.1. Схема технического стетоскопа

Как всякий инструмент, преобразующий механические колебания в звуковые, технический стетоскоп имеет свои индивидуальные звуковые особенности. Характер преобразования звука техническим стетоскопом зависит от длины, диаметра трубки, толщины стенки, материала, формы наушника. Все это влияет на частоту собственных колебаний стетоскопа. Прослушиваемые шумы, имея свои отличия, в тоже время едины в отображении звуковых картин повреждений механизма. Возможные реализации технических стетоскопов весьма разнообразны (рис. 2).



Рис.2. Примеры исполнения технических стетоскопов: а) технический стетоскоп GA111C для прослушивания машинных шумов и стуков, имеет диафрагму звукового усиления; б) технический стетоскоп КА-6323 для прослушивания шумов в механической части двигателя, трансмиссии

Сейчас, при прослушивании шумов, используют электронные стетоскопы (рис. 3). Щуп прибора устанавливается на корпусе механизма. Электрический сигнал, снимаемый с пьезоэлектрического датчика, подается на усилитель звуковой частоты, а затем в звукозащитные наушники. По частоте и силе звука судят о наличии повреждений в контролируемом механизме и об их характере. Электронные стетоскопы выпускаются многими фирмами, в том числе фирмой SKF.

К преимуществам электронных стетоскопов следует отнести: высокое качество звука и возможность сосредоточиться на распознавании повреждения благодаря звукозащитным наушникам. Недостатки: регулировка громкости лишает оператора основного преимущества – оценки степени повреждения, высококачественные наушники не позволяют услышать предупреждение об опасности в производственных условиях.

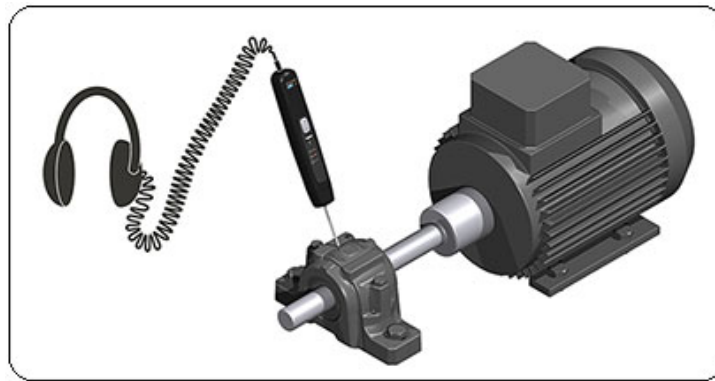
Утверждение о возможности использования стетоскопа без подготовки необоснованно. Наиболее сложной задачей является процесс распознавания шумов и определения видов повреждений. Этот процесс трудно формализовать. Много зависит от квалификации и опыта человека, использующего этот метод. Очень трудно заменить квалифицированного механика с его субъективным мнением.



а)



б)



в)

Рис.3. Электронные стетоскопы выпускаемые фирмой SKF:
а) TMST2; б) TMST3; в) применение TMST3

Предпринимаются попытки расширить возможности человеческого восприятия, используя электронные средства. Например, ультразвуковые стетоскопы позволяют прослушивать не воспринимаемый слухом диапазон ультразвуковых колебаний, связанный с повреждениями подшипников качения, искровыми разрядами, утечками газа (рис. 4).



а)



б)

Рис.4. Ультразвуковые стетоскопы производства фирмы SKF:
а) ультразвуковой детектор утечек TMSU 1; б) CMIN 400-K Inspector 400

Любой газ, просачиваясь из области высокого давления в область низкого давления, создает турбулентность. Турбулентность создает высокочастотный звук, который можно определить с помощью электронного стетоскопа преобразующего неслышимый ультразвук (20...100 кГц) в акустический.

Аналогичным образом можно услышать электрические разряды, кавитацию в трубопроводах, повреждения подшипников и зубчатых передач, избежать случаев избыточного смазывания. Однако следует помнить, что данный метод в большей степени индикаторный и не позволяет получить точной количественной оценки степени повреждения.

Степень повреждения определяется интенсивностью шума. Шум, вызывающий болевые ощущения при прослушивании техническим стетоскопом, является пределом эксплуатации деталей. Использование электронного стетоскопа предполагает сравнение интенсивности шума однотипных элементов.

Шумы механизма, создаваемые колебаниями работающих механизмов, носят импульсный характер. Увеличение зазора между сопрягаемыми деталями приводит к перераспределению энергии по частотным диапазонам, повышению уровня сигнала на более высоких частотах. Амплитуда колебаний характеризует динамику работы кинематической пары, степень повреждения, а частота – источник колебаний. Значительные повреждения сопровождаются нарушением стабильности звучания, появлением высоких частот и возрастанием силы звука. Решение задачи распознавания шумов и видов повреждений основывается на знании характерных шумов элементов механизма.

Характерные шумы подшипников качения:

1. Незначительный ровный шум низкого тона свидетельствует о нормальном состоянии подшипника качения.
2. Глухой прерывистый шум - загрязнённость смазки.
3. Звонящий (металлический) шум - недостаточная смазка, возникает также при повышенном радиальном зазоре.
4. Свистящий шум указывает на взаимное трение скольжения деталей подшипникового узла.
5. Скрежет, резкое частое постукивание возникает при повреждениях сепаратора или тел качения.
6. Глухие периодические удары - результат ослабления посадки подшипника, дисбаланса ротора.
7. Воющий звук, скрежетание, гремящий шум, интенсивный стук указывают на повреждение элементов подшипника.

Шумы, характерные для зубчатых передач:

1. Ровный жужжащий шум низкого тона характерен для нормальной работы зубчатой передачи. Косозубая передача в этом случае имеет ровный воющий шум низкого тона.
2. Шум высокого тона, переходящий с увеличением частоты вращения в свист и вой, и непрерывный стук в зацеплении происходит при искажении формы работающих поверхностей зубьев или при наличии на них местных дефектов.

3. Дребезжащий металлический шум, сопровождающийся вибрацией корпуса, возможен вследствие малого бокового зазора или несоосности, непараллельности колёс.

4. Циклический (периодический) шум, появляющийся с каждым оборотом колеса, то ослабевающий, то усиливающийся, указывает на эксцентричное расположение зубьев относительно оси вращения. Устранить такой шум в редукторе практически невозможно.

5. Циклические удары, грохот, глухой стук – излом зуба.

Шумы, характерные для подшипников скольжения:

1) нормальной работе соответствует монотонный и шелестящий шум;

2) отсутствию смазки соответствует свист высокого тона, скрежет;

3) задирам на поверхности подшипников скольжения, несоосности валов и выкрашиванию соответствуют периодические удары, резкое металлическое постукивание.

При смазке подшипника скольжения кольцом: отсутствию смазки соответствует звенящий металлический шум; повышенной вязкости масла соответствуют циклические удары низкого тона.

Помимо использования для анализа состояния механизма естественных шумов, сопровождающих его работу, в практике органолептической звуковой диагностики используется также звук, возникающий при «простукивании» элементов механизма. Так, звон металлических деталей при ударе, например, молотком, используется для определения наличия дефектов. Звук, издаваемый стальной деталью, содержащей дефект, дребезжащий, более низкий и глухой по сравнению со звуком бездефектной детали, имеющий чистый, высокий звук. Данный метод достаточно эффективен применительно к контролю затяжки резьбовых соединений, целостности деталей простой формы. В более сложных случаях его использование ограничено.

Помимо шумов механического происхождения используются также звуки порождённые электрической частью механизма. Так, воющий звук, исчезающий при отключении питания электродвигателя, указывает на повреждения в его электрической части.

Указанные виды шумов в чистом виде проявляются редко. Акустическая картина механизма состоящая из совокупности шумов всех элементов, определяется размерами, особенностями смазывания, нагрузками, температурой и другими факторами. Поэтому, приведенная классификация служит исходной информацией при расшифровке конкретной акустической картины механизма. Качество расшифровки и правильность постановки диагноза зависит от квалификации, подготовленности и опыта механика.

Выводы.

1. Несмотря на интенсивное развитие автоматизированных систем контроля технического состояния механизмов органолептические методы оценки их технического состояния остаются важной составной частью работы специалистов, обслуживающих оборудование в процессе эксплуатации.

2. Среди органолептических методов оценки технического состояния механизмов наиболее широко распространённым в повседневной практике является звуковая диагностика, основанная на анализе шумов, возникающих при работе механизма или вызываемых искусственно - путем простукивания металлических частей механизма.

3. Качество органолептической звуковой диагностики существенно зависит от подготовленности и опыта механика. В связи с этим актуальным направлением дальнейших исследований является разработка комплексных рекомендаций по использованию органолептической звуковой диагностики в сочетании с автоматизированными средствами контроля технического состояния механизмов.

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.
4. Биргер И.А. Техническая диагностика /И.А. Биргер. - М.: Машиностроения, 1978. - 240 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Самусею В.І.
Надійшла до редакції 11.05.11*

УДК 622.272.3: 622.418: 628.518

© О.А. Бойко

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛООБМЕНА В ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКЕ С ТЕПЛОУРАВНИВАЮЩЕЙ ОБОЛОЧКОЙ

Розроблений аналітичний метод розрахунків припливу тепла з гірського масиву в розташовану в ньому виробку, що враховує формування циліндричної теплоізолюючої оболонки гірських порід навколо виробки за рахунок їх теплопровідності. Із застосуванням Mathcad 11 Enterprise визначений термічний опір теплоізолюючих оболонок тепловому потоку й розраховані величини питомого теплового потоку для основних типів гірських порід глибоких горизонтів (піщанику, сланців і вапняку). Запропоновані для використання деякі способи й засоби зниження припливу тепла гірського масиву у виробку.

Разработан аналитический метод расчета притока тепла из горного массива в расположенную в нем выработку, учитывающий формирование цилиндрической теплоуравнивающей оболочки горных пород вокруг выработки за счет их теплопроводности. С применением MathCAD 11 Enterprise определено термическое сопротивление теплоуравнивающих оболочек тепловому потоку и рассчитаны величины удельного теплового потока для основных типов горных пород глубоких горизонтов (песчаника, сланцев и известняка). Предложены для использования некоторые способы и средства снижения притока тепла горного массива в выработку.

Developed suitable for the engineering technique an analytical method for calculating the heat flow from the mountain, located in its production, taking into account the formation of a cylindrical