



СИСТЕМА «SKF COPPERHEAD» — ОБНАРУЖЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Разработана и внедрена технология обнаружения неисправностей в оборудовании для горнодобывающей промышленности. Это — способствующее повышению рентабельности производства решение в соответствии с концепцией системы «SKF Copperhead» для обнаружения и предотвращения потенциально дорогостоящих неисправностей и сокращения простоя оборудования в тех отраслях промышленности, где такой простой обходится очень дорого.

Technology has been developed to detect faults of equipment for mining and processing mineral resources. This is a cost-effective solution, in keeping with the concept of the "SKF Copperhead" system, to detect and prevent potentially costly malfunctions and shorten equipment down time in those sectors of industry, where such down time results in considerable financial losses.

Компанией SKF разработана и внедрена технология обнаружения неисправностей в оборудовании для горнодобывающей промышленности с целью снижения эксплуатационных расходов и повышения его надежности и эффективности.

Предприятия горнодобывающей и цементной отраслей промышленности и предприятия по производству щебня, заполнителей бетона стремятся снизить затраты перед тенденцией падения рыночных цен на свою продукцию. За последние семь лет, например, средняя цена угля в США снизилась на 30 %, в то время как эксплуатационные расходы и затраты на охрану окружающей среды увеличились. Компании, занимающиеся добычей и переработкой полезных ископаемых, стремятся к укрупнению предприятий, повышению надежности и эффективности оборудования и снижению расходов, чтобы поддерживать свою рентабельность.

Контроль состояния и обнаружение неисправностей оборудования могут способствовать повышению производительности оборудования, предотвращая незапланированные простои и сокращая время, затрачиваемое на обслуживание и ремонт. Довольно широко распространенная в перерабатывающих отраслях промышленности, таких, как целлюлозно-бумажная, сталеплавильная и нефтехимическая, эта технология пока еще не нашла широкого применения в горнодобывающей, цементной промышленности и в производстве заполнителей бетона. Это частично связано с традиционно высокой стоимостью контроля состояния оборудования и тяжелыми эксплуатационными условиями. Высокая вибрация в вибрационных грохотах, мельницах и дробилках также является сдерживающим фактором на пути широкого распространения контроля состояния оборудования.

Для преодоления этих недостатков компания SKF разработала систему обнаружения неисправностей и систему подшипников «SKF Copperhead» для вибрационных грохотов. Система обнаруживает отклонения от нормы в технологическом процессе, которые могут отрицательно влиять на работу оборудования и вызывать выход его из строя. Первоначально система была разработана для вибрационных грохотов, широко используемых в переработке полезных ископаемых. Система подшип-

© SKF, 2003

ников увеличивает срок службы и улучшает характеристики вибрационных грохотов.

В основе концепции «SKF Copperhead» лежит использование специально разработанного датчика вибрации и температуры, встраиваемого в вибрационный грохот. Датчик рассчитан на работу в тяжелых эксплуатационных условиях и может быть связан с системой периодического или непрерывного контроля.

Анализ параметров виброускорения. В системе применена технология детектирования огибающей ускорения, разработанная компанией SKF, которая может отличать нормальную вибрацию при прохождении породы через грохот от аномальной, вызываемой нарушением режима работы, например, в результате неисправностей сцепления или переполнения приемного бункера вибрационного грохота. Главной задачей системы обнаружения неисправностей является непрерывный контроль технологического процесса и выявление отклонений от нормы. Подобные системы могут также обнаруживать такие дефекты механизмов, как неисправность системы смазки и повреждение шестерней и подшипников. В этом случае система предупреждает оператора установки об аномальной вибрации, давая возможность выявить и устранить причину вибрации до того, как она приведет к выходу оборудования из строя. Высокопрочный датчик перегрузок / температуры устойчив к высокому уровню вибрации в вибрационном грохоте. Датчик перегрузок / температуры также может быть установлен на мельницах, дробилках и другом горнодобывающем оборудовании.

В дополнение к улучшению эксплуатационных качеств применение системы может повысить безопасность горнодобывающих работ. Эффективность этой технологии продемонстрирована на практических примерах.

Контроль состояния и обнаружение неисправностей оборудования — два подхода, позволяющих выявлять потенциальные проблемы на ранней стадии. Непрерывный контроль состояния оборудования — относительно дорогостоящий метод, требующий высококвалифицированных специалистов, а также применения сложных приборов. Его наиболее целесообразно использовать в таких отраслях промышленности, как целлюлозно-бумажная.



Методика обнаружения неисправностей оборудования обычно имеет более низкую общую стоимость, чем непрерывный контроль состояния, и может быть внедрена в самые короткие сроки без длительного обучения персонала. Она не зависит от квалификации специалиста и целесообразна для использования в тех случаях, когда экономия средств является одним из определяющих факторов и в то же время простой оборудования обходится очень дорого.

Обнаружение неисправностей может быть как периодическим, так и непрерывным. Как правило, этот метод не включает определение причины неисправности. Логика обнаружения неисправностей может быть настроена на контроль как технологического процесса, так и состояния оборудования.

Вибрационные грохоты и вибропитатели. Вибрационные грохоты и механизмы подачи (вибропитатели) — ключевые компоненты в таких отраслях промышленности, как добыча и переработка полезных ископаемых, организация удаления отходов и строительство. Грохот служит для сортировки или очистки сырья для металлургической промышленности, производства цемента, заполнителей бетона, а также переработки полезных ископаемых. Обычно грохот (и вибропитатель) выполняют в виде каркаса, установленного на пружинных или других амортизаторах. На каркасе устанавливают грохот (сетка) или решетка, которая сортирует или просеивает материал. Сверху на сетку подается материал (камень, руда, цемент). Процесс сортировки и просеивания ускоряется вибрацией рамы грохота. Чтобы получить желаемую вибрацию, используется вращающаяся неуравновешенная масса. Обычно применяют один или два эксцентриковых вала, опирающихся на подшипники, или вибрационную зубчатую передачу. Частицы, размерами превышающие требуемые, или грязный материал отделяются для дальнейшей переработки или направляются в отходы.

Сбой или выход из строя грохота и вибропитателя могут прервать процесс обработки материала, а также снизить производительность завода. Стоимость нового грохота может составлять от 25 000 до 150 000 долларов США. Потери в связи с простоем вибрационного грохота могут варьироваться от 100 до 15 000 долларов США в час в зависимости от типа процесса. Ремонт грохота может занять от одного до 48 ч, в зависимости от типа неисправности и организации технологического обслуживания.

Вибрационные грохоты или вибропитатели обычно рассчитаны на вибрацию в диапазоне от 2 до 10 единиц ускорения g , что соответствует амплитуде колебаний грохота от 3 до 20 мм. Вибрация, как правило, синусоидальная вследствие вращательной неуравновешенности эксцентриковой массы. При загрузке и сортировке (просеивании) материала в установке возникают дополнительные колебания. Высокая вибрация в грохоте и абразивные свойства сортируемого материала являются причиной значительных напряжений и износа рамы грохота. Условия повышенной запыленности, а иногда и влажности затрудняют поддержание подшипника грохота в чистоте. Большие перегрузки

в грохоте вызывают необходимость применения подшипников, рассчитанных на работу в условиях вибрации (со специальными сепараторами и другими конструктивными особенностями). Система подшипников «SKF Copperhead» включает в себя подшипник «SKF Explorer», рассчитанный на работу в условиях вибрации, и тороидальный подшипник «SKF CARBR®». Система подшипников фактически устраняет возможность воздействия на подшипники нежелательных сил, что обеспечивает нормальные рабочие температуры и увеличивает сроки службы. Подшипники «SKF Explorer», рассчитанные на работу в условиях вибрации, обозначаются индексами VA405 и VA406.

Типичные отклонения технологического процесса от нормы и дефекты механизмов вибрационных грохотов и вибропитателей следующие.

- **Переполнение приемного бункера.** Материал накапливается под грохотом и препятствует свободному движению рамы. Рама грохота ударяет о материал, что приводит к неравномерному движению и возможной деформации рамы. Это, в свою очередь, вызывает повреждение конструкции рамы и мешает процессу сортировки, снижая производительность оборудования.

- **Перегрузка.** При загрузке в грохот чрезмерного количества материала возможна деформация подвески рамы. Это имеет те же последствия, что и пополнение приемного бункера.

- **Ослабление крепления элементов конструкции рамы.** Происходит в результате износа, усталости, коррозии и перегрузки.

- **Ослабление крепления сетки грохота.** Являясь основной причиной простоя грохота, такое ослабление происходит из-за износа и слабого натяжения сетки.

- **Повреждение зубчатой передачи.** Является результатом усталости, загрязнения и износа.

- **Дефект смазки.** Происходит в результате загрязнения или утечки смазки через уплотнение корпуса подшипника.

- **Повреждение подшипника.** Является результатом воздействия чрезмерных сил из-за нарушения нормального технологического процесса (переполнения приемного бункера), фреттинг-коррозии вала, усталости, загрязнения, нарушения смазки и износа.

Система также позволяет обнаружить прекращение вибрации грохота вследствие повреждения приводного ремня или муфты трансмиссии.

Обнаружение неисправностей. Методика обнаружения отклонений технологического процесса и условий работы от нормы предполагает постоянную установку на грохоте специальных датчиков вибрации и температуры, рассчитанных на работу в тяжелых эксплуатационных условиях, сигналы от которых поступают в модуль демодулирующих фильтров. Датчики измеряют полные колебания в грохоте. Демодулирующие фильтры оценивают сигналы в частотном диапазоне от 200 до 12 000 Гц, демодулируя из общего спектра нормальные колебания.

Неисправность обнаруживается как периодическая повторяющаяся высокочастотная «паразитная» вибрация в грохоте, в результате чего полная ве-

личина демодулируемых сигналов увеличивается. Это увеличение вибрации включает аварийную сигнализацию, предупреждающую оператора, давая ему возможность выявить причину неисправности. Часто оператор может определять причину дефекта без специальных приборов. Своевременное устранение неисправности уменьшает время работы грохота в неисправном состоянии, сокращая, таким образом его износ. Если оператор не может определить местонахождение и устранить причину неисправности, может быть вызван специалист по контролю состояния оборудования для проведения дальнейших проверок.

Работа системы обнаружения неисправностей основана на использовании электронных фильтров. Фильтр контролирует колебания в диапазоне частот, в котором происходят неисправности, и игнорирует частоты, которые ему «неинтересны». Информативные частоты далее обрабатываются и сравниваются с заданным значением срабатывания системы сигнализации. Если общий уровень нежелательной вибрации превышает значение срабатывания сигнализации, система оповещает оператора.

Ограничивающим фактором для постоянного и непрерывного контроля является неправильная установка переносных датчиков, например, из-за плохого качества подготовки посадочной поверхности или попадания посторонних предметов между основанием датчика и грохотом. Защитные ограждения также могут препятствовать правильному размещению датчика, а положение датчика может оказаться неоптимальным для измерений из-за влияния вращающейся трансмиссии. В процессе установки временных датчиков рабочий может подвергаться опасности из-за падающих камней и осколков. Воспроизводимость условий измерений от раза к разу не может быть гарантирована. Постоянная установка датчиков устраняет необходимость обеспечения рабочим доступа к грохотам, расположенным в труднодоступных местах.

Технические требования к системе. Датчики, применяемые в оборудовании для добычи и переработки полезных ископаемых, должны быть прочными, надежно защищенными от ударов и перенапряжения. Датчик должен иметь неразъемный кабель для подсоединения к системе контроля. Кроме того, кабель должен быть стойким к истиранию и иметь высокую усталостную прочность. Преимущество неразъемного кабеля заключается в отсутствии кабельного соединителя, который может быть поврежден в результате вибрации. В разъем, расположенный вблизи грохота, также может проникать грязь и влага. Чувствительность датчиков должна быть достаточно высока, чтобы воспринимать различные уровни вибрации в грохоте.

Периодический контроль может осуществляться с помощью переносного прибора сборщика данных/анализатора спектра. Такой прибор, оснащенный соответствующим демодулирующим фильтром, может оценивать сигнал вибрации грохота и определять, существует ли неисправность, тогда как анализатор может определять тип неисправности.

В процессе эксплуатации система непрерывного контроля фильтрует и демодулирует сигнал вибрации, имеет возможность регулировки уровня срабатывания сигнализации и может формировать выходной сигнал для контроля. Система непрерывного контроля и обнаружения неисправностей должна иметь выходной сигнал от 4 до 20 мА, который может постоянно контролироваться программируемым логическим контроллером (PLC) установки или распределенной системой управления (DCS). Программируемый логический контроллер или распределенная системой управления также могут контролировать выходной сигнал датчика температуры. Непрерывный контроль посредством PLC или DCS уменьшает количество периодических измерений параметров работы грохота, которые должны проводиться операторами. Система может также включать систему сигнализации, предупреждающую оператора о неисправности в грохоте. Располагая этой информацией, оператор может принять решение об отключении грохота, либо о приостановке подачи породы к грохоту.

Система обнаружения неисправностей была первоначально испытана на медном руднике в штате Аризона в Соединенных Штатах — обнаружена неисправность сцепления и переполнение приемного бункера работающего грохота. Поскольку грохот использовался в производстве, время испытаний «в полевых условиях» было ограничено. Для проведения рабочих испытаний в лаборатории компании SKF был разработан испытательный стенд для вибрационного грохота. На стенде могло быть воспроизведено большинство неисправностей грохота. В результате перед использованием системы в других шахтах и карьерах она была доработана.

Установка на вибрационных грохотах. Система обнаружения неисправностей должна быть установлена таким образом, чтобы все ее компоненты были надежно закреплены на вибрационном грохоте и защищены от механических повреждений. Датчики должны быть установлены у корпусов подшипников грохота и ориентированы в направлении хода грохота, плюс/минус 45° (рис. 1). Кроме того, датчики должны быть защищены от ударов падающих камней и осколков, а кабель датчика должен быть защищен от механических повреждений и истирания. Кабель датчика должен быть проложен от подвижной конструкции грохота

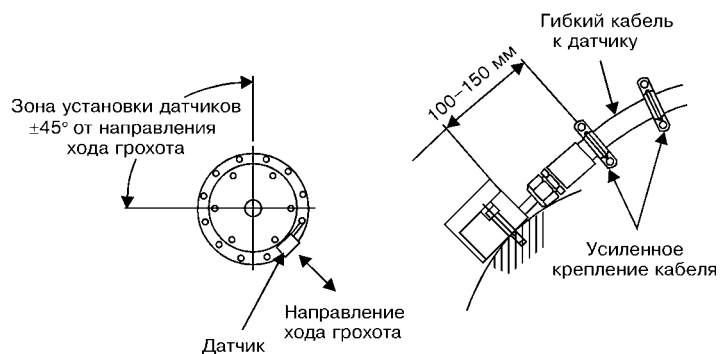


Рис. 1. Схема установки датчика на корпусе подшипника. Предпочтительное положение 45° от направления движения сит. Необходима дополнительная фиксация кабеля

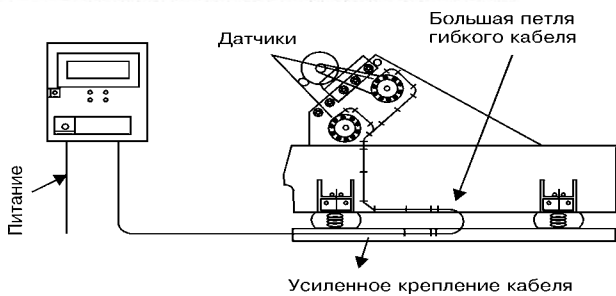


Рис. 2. Схема установки «SKF Copperhead» на вибрационном грохоте

до стационарной рамы таким образом, чтобы была исключена возможность его повреждения при движении грохота или в результате напряжения в кабеле. Участок кабеля датчика между подвижными и неподвижными компонентами грохота должен иметь большой радиус изгиба. Обнаружение неисправностей, основанное на конструкторском решении «SKF Copperhead», применялось на множестве вибрационных грохотов во всем мире. Ниже приводятся три практических примера, демонстрирующих выгоду эксплуатирующей организации при использовании системы. В одном случае система использована в медном руднике (рис. 2), в двух других — на заводах по производству заполнителей бетона.

Одна система обнаружения неисправностей была установлена на вибрационном грохоте в медном руднике в октябре 2000 г. Грохот недавно был восстановлен после отказа одного из двух приводных механизмов. Новый механизм имел нормальный уровень вибрации, тогда как второй имел высокий уровень вибрации. Система обнаружения неисправностей отрегулирована таким образом, что сигнализация должна срабатывать, если вибрация в механизмах превышала уровень 33 gE. В январе 2001 г. система сработала, показав высокую вибрацию в старом механизме. Уровень вибрации был в пределах 49 gE. Клиенту посоветовали вывести грохот из эксплуатации во избежание внезапного отказа.

Другая система обнаружения неисправностей в августе 2000 г. была установлена на вибрационном грохоте на большом заводе по производству заполнителей бетона в Соединенных Штатах. При установке отмечено, что подшипник с одной стороны привода имеет несколько более высокий уровень вибрации, чем подшипник с противоположной стороны. Скорее всего причиной тому был незначительный люфт. В декабре 2000 г. вибрация значительно возросла, о чем свидетельствовало резкое увеличение величины полного ускорения. Грохот был выведен из эксплуатации в рамках капитального ремонта завода. Убедившись в полезности такой системы обнаружения неисправностей, клиент собирается установить еще одну систему обнаружения неисправностей на двух новых грохотах, которые будут установлены в рамках восстановления завода.

Третья система периодического обнаружения неисправностей установлена на вибрационном грохоте на заводе по производству заполнителей бе-

тона в Австралии. Датчики были установлены на грохоте, а прибор обтекающего контроля/анализатор периодически анализировал работу оборудования. При использовании этой методики выявлено повреждение одного из сферических роликоподшипников, зарегистрированное как увеличение общего уровня вибрации. Подшипник была заменен в плановом порядке с минимумом затрат.

Заключение. Обнаружение неисправностей, основанное на технологии «SKF Copperhead», является альтернативным подходом к контролю работы оборудования и имеет более низкую стоимость, чем постоянный контроль состояния оборудования. Было доказано, что этот метод представляет собой эффективный способ улучшения эксплуатационных качеств и надежности вибрационного грохота в секторе переработки полезных ископаемых. Способность выявлять нарушения в технологическом процессе и неисправности оборудования и предупредить об этом оператора грохота означает, что неисправности могут устраняться, а регламентные работы или ремонт могут быть запланированы более эффективно. Таким образом, повышается надежность и безопасность контроля (при условии, что система установлена должным образом). Система подшипников «SKF Copperhead» увеличивает срок службы и производительность вибрационного грохота. В настоящее время разрабатывается система «SKF Copperhead» для использования на других видах оборудования переработки полезных ископаемых.

Факты. Технология обнаружения неисправностей разработана для использования на оборудовании добычи и переработки полезных ископаемых. Это — решение, способствующее повышению рентабельности производства в соответствии с концепцией системы «SKF Copperhead» для обнаружения и предотвращения потенциально дорогостоящих неисправностей и сокращения простоя оборудования в тех отраслях промышленности, где такой простой обходится очень дорого.

В системе используется недавно разработанный датчик вибрации и температуры, который постоянно устанавливается в соответствующих местах на вибрационном оборудовании типа грохотов и вибропитателей. Система обнаружения обрабатывает сигналы вибрации и отделяет нормальные колебания от аномальной вибрации, вызванной повреждениями механизмов и нарушениями технологического процесса. Результирующий выходной сигнал может непрерывно контролироваться и приводить в действие сигнализацию для предупреждения оператора о возникшей неисправности. Это означает, что неисправность может быть устранена или находиться под контролем до тех пор, пока не будет организовано обслуживание и ремонт наиболее рентабельным способом. Хотя первоначально система «SKF Copperhead» была разработана для вибрационных грохотов, в настоящее время она также разрабатывается для мельниц, дробилок и другого оборудования для добычи и переработки полезных ископаемых.