

## PDM — КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ПОДХОД ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

### PDM — AS AN EFFECTIVE TECHNICAL APPROACH SERVICE

*D. Semidotskiy*

*Summary.* This article discusses the main advantages and disadvantages of predictive maintenance. A set of methods and procedures is proposed to improve the quality of maintenance, increase the reliability and productivity of equipment, and reduce the overall cost of maintenance.

*Keywords:* PdM; predictive maintenance; condition-based maintenance.

**Семидоцкий Дмитрий Владимирович**

Аспирант, Воронежский государственный  
технический университет  
dmitry.semidotsky@pirelli.com

*Аннотация.* В данной статье рассматриваются основные преимущества и недостатки предиктивного технического обслуживания. Предложен набор методов и процедур для повышения качества технического обслуживания, повышения надежности и производительности оборудования, снижения общих затрат на техническое обслуживание.

*Ключевые слова:* PdM; предиктивное обслуживание; техническое обслуживание на основе состояния.

**П**редиктивное техническое обслуживание (PdM) — это техническое обслуживание, которое контролирует производительность и состояние оборудования во время его нормальной работы для снижения вероятности отказов. Также известно как техническое обслуживание на основе состояния, предиктивное обслуживание используется в промышленном мире с 1990-х годов. [1]

Целью предиктивного обслуживания является возможность сначала предсказать, когда может произойти отказ оборудования (на основе определенных факторов), а затем предотвратить отказ посредством регулярного планового и корректирующего обслуживания.

Предиктивное техническое обслуживание не может существовать без анализа состояния, который определяется как непрерывный мониторинг машин в технологических условиях для обеспечения оптимального использования оборудования. [2]

Существует три аспекта мониторинга состояния: онлайн, периодический и удаленный. Онлайн-мониторинг состояния определяется как непрерывный мониторинг машин или производственных процессов с данными, собранными о критических параметрах и показателях оборудования. Периодический мониторинг состояния, например, вибрационный анализ, (дает представление об изменении вибрационного поведения установок), который достигается с помощью анализа тенденций. Наконец, удаленный мониторинг состояния, как следует из его названия, позволяет контролировать оборудование из удаленного места, а данные передаются для анализа дистанционно.

Прежде чем создать программу предиктивного обслуживания, организация должна предпринять несколько шагов, которые включают в себя:

- ◆ Анализ потребностей и истории оборудования;
- ◆ Просмотр всех доступных записей о времени простоя, дефектах оборудования, потерях, потенциальных рисках и безопасности на рабочем месте;
- ◆ Определение стратегии и концепций, а также создание аргументов для PdM;
- ◆ Подбор оборудования для первоначальной реализации программы;
- ◆ Разработка деталей системы на основе отдельных систем и/или компонентов;
- ◆ Определение критичности программы и определение частоты PdM и типа расписания;
- ◆ Оценка предполагаемых ресурсов и распределение ролей и обязанностей персонала;
- ◆ Организация программы и интеграция ее в систему планирования;
- ◆ Модернизация оборудования и проведение обучения;
- ◆ Создание компьютеризированных систем управления техническим обслуживанием (CMMS); [3]

Хотя многие программы технического обслуживания используют оба типа, существует несколько различий между профилактическим обслуживанием и предиктивным обслуживанием. Профилактическое техническое обслуживание включало в себя проверку и выполнение технического обслуживания машин, независимо от того, нуждалось ли оборудование в техническом обслуживании. Это расписание обслуживания основано на триггере использования или времени. На-

пример, отопительный агрегат обслуживается каждый год перед зимой, или автомобиль требует планового технического обслуживания каждые 5000 миль.

Кроме того, профилактическое обслуживание не требует компонента мониторинга состояния, как это делает предиктивное обслуживание. Не требуя мониторинга состояния, программа профилактического обслуживания не предполагает столько капиталовложений в технологии и обучение. Наконец, многие программы профилактического обслуживания нуждаются в ручном сборе и анализе данных.

В то время как профилактическое обслуживание определяется с использованием среднего жизненного цикла актива, PdM определяется на основе заданных и заранее определенных условий конкретных единиц оборудования с использованием различных технологий. Предиктивное обслуживание также требует больших инвестиций в людей, обучение и оборудование, чем профилактическое обслуживание, но экономия времени и затрат будет больше в долгосрочной перспективе.

### Преимущества и недостатки Pd M

Как уже упоминалось, преимущества предиктивного обслуживания огромны с точки зрения экономии средств и включают в себя минимизацию запланированных простоев, увеличение срока службы оборудования, оптимизацию производительности труда сотрудников и увеличение дохода. Еще одним преимуществом является его способность трансформировать как команду технического обслуживания, так и организацию, поскольку внедрение PdM позволяет управляющим активами улучшать результаты и лучше балансировать приоритеты, такие как прибыльность и надежность.[4]

Одним из основных недостатков предиктивного обслуживания является количество времени, необходимое для оценки и реализации графика Pd M. Поскольку предиктивное обслуживание является сложной инициативой, персонал завода должен быть обучен тому, как не только использовать оборудование, но и как интерпретировать аналитику (или данные).

В то время как многие организации предпочитают обучать существующих сотрудников PdM, существуют подрядчики по мониторингу состояния, которые специализируются на выполнении необходимых работ и анализе результатов для объекта. В дополнение к затратам на обучение, включает в себя инвестиции в инструменты и системы обслуживания. Эта стоимость со временем снизилась с внедрением облачных технологий.

### PdM и проверка на наличие дефектов

В течение некоторого времени существовала значительная путаница в отношении соответствующего способа проверки на наличие данного режима отказа. Должен ли я выполнять какой-либо сенсорный осмотр? Должен ли я выполнять какой-то количественный контроль? Следует ли применять одну или несколько технологий мониторинга состояния? Должен ли я применять некоторую комбинацию этих методов, чтобы максимизировать условную вероятность обнаружения дефекта?

Как определить наличие ключевого дефекта таким образом, чтобы максимально увеличить количество времени, которое мой отдел планирования должен разработать рабочие процедуры, создать рабочие заказы, заказать детали, а также запланировать и завершить работу до того, как условная вероятность отказа станет слишком высокой? Объяснение типов инспекций и того, как они дополняют друг друга, имеет большое значение для выяснения того, какие из них являются наиболее подходящими.

### Виды методов контроля дефектов

Визуальные осмотры уже давно считаются основой любой хорошей программы контроля и технического обслуживания. Считалось, что отправка кого-то достаточно часто для проверки на наличие проблем с оборудованием приведет к выявлению дефектов в течение длительного времени, чтобы смягчить незапланированные простои. Инспектор будет использовать зрение, звук и прикосновение, чтобы определить, изменилось ли что-либо со времени последней проверки. Любое изменение будет регистрироваться, сообщаться и расследоваться мастером при следующем запланированном отключении. [7]

Хотя есть огромная польза от отправки кого-то для проведения осмотра, в этой стратегии так много дыр, что ее никогда не следует считать основой программы инспекций. Визуальные осмотры обычно выявляют только самые очевидные и радикальные проблемы, практически не может выявить ранние внутренние дефекты в машинах.

### Улучшенные сенсорные проверки

Улучшенные сенсорные проверки заполняют эту серую зону. Они представляют собой как визуальный осмотр, так и количественное измерение с характеристиками мониторинга состояния. Эти проверки используют такие инструменты, как точечные радиометры, стробоскопы, ручные вибрационные измерители

и простые ультразвуковые инструменты для обнаружения дефектов. Хотя эти инструменты умножают силу человеческих чувств, у них есть свой предел. Эти простые инструменты позволяют обнаруживать различные режимы отказа, но они не должны заменять комплексную программу мониторинга состояния.

### Количественные инспекции

Количественные проверки могут предоставить полезную информацию, когда дело доходит до получения данных для определения тенденций и определения характерного срока службы режима отказа. Количественным проверкам нужен кто-то, чтобы что-то измерить. Очень распространенные количественные проверки включают измерение температуры узлов и механизмов механических и электрических. Эти измерения предоставляют данные планёру и инженеру и помогают определить необходимость дальнейших действий по техническому обслуживанию.

При правильной разработке процедура количественного контроля детализирует пределы и, как правило, ожидаемые измерения. Любая проверка, которая требует, чтобы кто-то что-то измерил, должна иметь минимальные, максимальные и типичные значения, с условными задачами, определенными при превышении пределов. Но количественная инспекция, выполняемая с надлежащей частотой проверок, редко будет иметь измерение, которое превышает пределы.

### Профилактическое обслуживание как метод контроля дефектов

Мониторинг состояния, также известный как PdM, представляет себя применение технологий мониторинга на основе состояния, статистического управления технологическими процессами или производительности оборудования для раннего обнаружения и устранения дефектов оборудования, которые могут привести к незапланированным простоям или ненужным расходам.

И, вообще говоря, вы должны проводить это, пока оборудование находится в нормальной работе, практически без прерывания процесса. Назначение этих инструментов (виброанализ, инфракрасная термография, анализ масла и т.д.) заключается в поиске дефектов, не обнаруженных с помощью ранее доступных методов контроля, пока машина находится в нормальной работе.

Использование имеющейся технологии позволяет оценить состояние деталей и наличие дефектов, которые до сих пор невозможно обнаружить. Примером

преимущества этих инструментов в области количественных проверок или визуальных проверок является использование вибрационного анализа для определения наличия дефекта на подшипнике качения.

Существуют различные типы методов проверки дефектов, которые могут быть внедрены на машине, и каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Тем не менее, эти методы не являются точной заменой друг другу

Анализ режимов, последствий и критичности отказов может помочь вам определить, какие методы контроля следует применять, как часто и с какой степенью избыточности. Помните, что хитрость заключается в том, чтобы сбалансировать риск. То, какой риск вы готовы взять на себя с данным режимом отказа в сочетании с тем, сколько вы готовы заплатить за проверку, определяет соответствующую стратегию.

### Технологии профилактического обслуживания

Как следует из названия, целью PdM обслуживания является прогнозирование необходимости технического обслуживания. Существует несколько устройств и методов мониторинга состояния, которые можно использовать для эффективного прогнозирования сбоев, а также для обеспечения расширенного предупреждения о техническом обслуживании на горизонте.

### Инфракрасная термография

Известная как технология неразрушающего или не интрузивного контроля, инфракрасная (ИК) термография в PdM широко используется. С помощью ИК-камер персонал может обнаруживать высокие температуры (или горячие точки) в оборудовании. Изношенные компоненты, включая неисправные электрические цепи, обычно выделяют тепло, которое будет отображаться как горячая точка на тепловом изображении. [4]

Благодаря быстрому выявлению горячих точек инфракрасные проверки могут точно определить проблемы и помочь избежать дорогостоящего ремонта и простоев. Инфракрасная технология считается «одной из самых универсальных технологий профилактического обслуживания, доступных. Используется для изучения всего, от отдельных компонентов машин до систем установок, крыш и даже целых зданий». Более полное применение инфракрасной технологии включает обнаружение тепловых аномалий и проблем с технологическими системами, основанными на удержании и / или передаче тепла.[4]

### Акустический мониторинг

С помощью акустических технологий персонал может обнаруживать утечки газа, жидкости или вакуума в оборудовании на звуковом или ультразвуковом уровне. Считаемая менее дорогой, чем ультразвуковая технология, звуковая технология полезна на механическом оборудовании, но ограничена в его использовании. Ультразвуковая технология имеет больше применений и более надежна в обнаружении механических проблем.

Это позволяет техническому специалисту «слышать трение и напряжение во вращающемся оборудовании, которое может предсказать ухудшение раньше, чем обычные методы», используя приборы для преобразования звуков в диапазоне от 20 до 100 кГц в «слуховые или визуальные сигналы, которые могут быть услышаны / видны технику. Эти высокие частоты являются точными частотами, генерируемыми изношенными и недостаточно смазанными подшипниками, неисправным электрооборудованием, протекающими клапанами и т.д.

### Вибрационный анализ

Используемый в основном для высокоскоростного вращающегося оборудования, анализ вибрации позволяет техническому специалисту контролировать вибрации машины с помощью ручного анализатора или датчиков реального времени, встроенных в оборудование. Машина, работающая в пиковых условиях, демонстрирует особую вибрационную картину. Когда такие компоненты, как подшипники и валы, начинают изнашиваться и выходить из строя, машина начинает генерировать другую вибрационную картину. Благодаря упредительному мониторингу оборудования обу-

ченный техник может сравнить показания с известными режимами отказа, чтобы определить, где возникают проблемы.

Обеспечение обучения техников будет жизненно важным, так как может быть трудно предсказать отказ машины с помощью анализа вибрации. Многие организации предлагают углубленное обучение для подготовки людей к сертификации в качестве аналитиков вибрации. Единственным недостатком использования вибрационного анализа является стоимость, связанная с его реализацией с помощью программы Pd M.

### Анализ масла

Анализ масла является эффективным инструментом в профилактическом обслуживании. Это позволяет техническому специалисту проверить состояние масла и определить, присутствуют ли другие частицы и загрязняющие вещества. Некоторые тесты анализа масла могут выявить вязкость, присутствие воды или изнашиваемых металлов, количество частиц и кислотное число.

### Другие технологии

Наряду с этими методами, предприятия могут использовать другие технологии, такие как анализ состояния двигателя, который детализирует рабочее и текущее состояние двигателей. CMMS, интеграция данных и мониторинг состояния также могут помочь облегчить профилактическое обслуживание. [3]

При существовании различных технологий, которые помогут в реализации PdM, жизненно важно выбрать правильную, чтобы обеспечить успех.

### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 18322–2016 // Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения, 2016
2. ООО «НИИ «Интерэкмс». ГОСТ Р 57329–2016 // Системы промышленной автоматизации и интеграция. Системы технического обслуживания и ремонта. Термины и определения, 2016 30с.
3. Семидоцкий Д.В. Компьютеризированная система управления техническим обслуживанием — ключевой элемент для технического обслуживания наивысшего уровня // Международная научная конференция теоретических и прикладных разработок «Научные разработки: евразийский регион», 2019 75–81с.
4. Семидоцкий Д.В. Термодиагностика как важный элемент обслуживания на основе технического состояния// Наука, техника и образование — Москва: Проблемы науки, 2020–75стр.
5. Семидоцкий Д.В. CMMS — инструмент современного и эффективного управления техническим обслуживанием// Наука и техника в XXI веке — Тольяти: Вестник науки, 2021
6. Patrick Munyensanga, Susilo A. Widyanto, Procedia CIRP, Volume 78, 2018, Pages 289–294.
7. Maintenance — Maintenance terminology; Trilingual version // EN13306:2018, 2018 62 с.