

**Ключевые слова:**

предиктивная аналитика, Индустрия 4.0, системы диагностики, эксплуатация и техобслуживание оборудования, облачные сервисы

# ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

**Александр НАЗАРЕНКО, Алексей БАННИКОВ**

Предложена система автоматической диагностики, построенная на принципах многопараметрического анализа сигналов вибрации, формирования многомерного пространства признаков, построения математической модели агрегата и машинного обучения модели для каждого конкретного агрегата данной кинематической схемы. Рассмотрены ограничения, накладываемые сформировавшейся системой доступа к промышленной информации.

Задача предиктивной аналитики, с точки зрения производства, техобслуживания и ремонта, состоит в максимально точном прогнозировании остаточного ресурса оборудования. К сожалению, в этом отношении эффективность применяемых сегодня систем предиктивной аналитики оставляет желать лучшего. В настоящее время в промышленности происходит ряд глобальных процессов, связанных с серьезным изменением принципов производства, сбора и обмена информацией. Эти процессы, несомненно, связаны с концепцией «Индустрии 4.0» и должны привести к четвертой промышленной революции.

## РОЛЬ ДИАГНОСТИКИ В «ИНДУСТРИИ 4.0»

Системам диагностики в рамках этой концепции отведена важная роль. С помощью встроенных и полностью автоматических систем диагностики оборудование должно обеспечивать оценку своего технического состояния и передавать проанализированные данные в систему управления активами предприятия (ERP). Выявление рисков и дефектов оборудования (вплоть до его конкретных узлов), оценка остаточного ресурса, формирование указаний по эксплуатации и техобслуживанию – все это должно осуществляться без участия человека.

Понятно, что такие требования серьезно меняют подход к организации обработки данных, выпол-

няемых системами оценки технического состояния промышленного оборудования. Старые методы, ориентированные на экспертное сообщество, не удовлетворяют требованиям нового времени.

Совместно с IT-партнером компания SKF разработала и предлагает к внедрению систему автоматической диагностики, построенную на принципах многопараметрического анализа сигналов вибрации, формирования многомерного пространства признаков, построения математической модели агрегата (приближающейся к понятию «цифровой двойник») и машинного обучения модели для каждого конкретного агрегата данной кинематической схемы. В этой системе активно применяются такие методы цифровой обработки сигналов, как вейвлетный анализ, формирование базисных функций под задачи поиска информативных признаков технического состояния оборудования, машинное обучение на основе нейронных сетей (Machine Learning, ML) и алгоритмы нечеткой логики (Fuzzy Logic).

## ПОЛНОСТЬЮ АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ

Техническая возможность для воплощения систем диагностики и управления эксплуатацией и техобслуживанием сложного оборудования в виде полностью автоматического сервиса появилась относительно недавно. Благодаря достижениям



Рис. 1. Конфигурация онлайн-системы мониторинга SKF

в области информационных технологий созданы эффективные облачные системы хранения и обработки информации, а также быстрые беспроводные каналы передачи больших объемов данных.

Система принятия решений, способная эффективно решать задачи диагностики и постоянно обучаться благодаря непрерывно накапливаемым данным, может уверенно функционировать только как облачный сервис. Персональный компьютер (ПК) в офисе специалиста по диагностике исчерпал в этом смысле свои возможности.

В системе автоматической диагностики SKF цифровые диагностические модели реализуются на удаленных серверах (в ЦОДах). Пользователь имеет доступ к результатам диагностики в выделенном кабинете в сети Интернет (рис. 1). Естественно, как и весь технический прогресс, цифровые технологии направлены на повышение производительности труда, снижение затрат и, как следствие, удешевление услуг.

Уже ни у кого не вызывает вопросов удобство и экономичность пользования сетевыми програм-

мами типа CRM или даже ERP вместо покупки дорогостоящих лицензий на владение ПО и реализации их на собственных компьютерах, а также подготовки собственных IT-специалистов. В связи с этим потребителю систем диагностики нового поколения еще предстоит преодолеть психологический барьер, связанный с доверием к автоматической диагностике, выполняемой удаленно с помощью искусственного интеллекта, и с тем, что данные больше не хранятся на его ПК.

К сожалению, данные, использование которых могло бы еще больше повысить качество прогнозирования, недоступны. И несмотря на то, что многие IT-компании уже декларируют создание «экосистем», на самом деле на практике не наблюдается систем управления техобслуживанием и ремонтом, реально интегрированных в систему управления производством. В этой ситуации диагностические модели могут строиться только на

основании данных, получаемых от датчиков вибрации или генерируемых (эмулируемых) самой диагностической моделью. При этом система диагностики SKF полностью открыта и готова к интеграции с внешними системами по любым стандартным протоколам обмена, в том числе для работы с данными в аналоговом виде (рис. 2).

Законченная система предиктивной диагностики, помимо раннего обнаружения неисправности, способна определить причину возникновения этой неисправности. Она является инструментом служб ТОиР для организации и планирования своей деятельности, направленной на предупреждение неисправностей, то есть на устранение причин возникновения неисправностей или снижение влияния этих причин на состояние агрегата (рис. 2).

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ БАРЬЕРЫ НА ПУТИ К ЦИФРОВИЗАЦИИ

Безусловно, параметры технологического процесса могли бы стать дополнительными информа-



Рис. 2. Пример установки и использования системы мониторинга SKF IMx

тивными признаками для еще большей «сходимости» диагностической модели. Важнейшую информацию также несут накопленные статистические данные по техобслуживанию и ремонту.

Но, к сожалению, производственные процессы на российских предприятиях построены таким образом, что на пути получения необходимых данных стоят серьезные барьеры. Приведем всего несколько примеров.

Зачастую на предприятиях отсутствует актуальная техническая документация не только в цифровом виде, но и на бумажных носителях. Это связано с тем, что в современном производстве происходит множество изменений, как в технологии самого производства, так и в конструкции узлов, а также в спецификациях применяемых запасных частей.

Несмотря на то, что многие предприятия объявляют о внедрении систем EAM, MES, CMSS и PI, информация, которая была бы полезна для более точного прогнозирования остаточного ресурса, то есть данные о наработке агрегата и статистика по MTBF и MTBR, не собирается вовсе, либо недоступна. Таким образом, накопленная информация часто не является актуальной и не может быть

использована для создания базы цифровых данных как объекта Data Science. Другой проблемой является запрет на доступ к уже имеющейся информации на производстве. Службы внутренней безопасности запрещают использование системы мониторинга состояния, интегрированной в LAN-сеть предприятия, следовательно, обмен данными с АСУ ТП и датчиками КИПиА становится затруднительным.

Указом Президента РФ от 9 мая 2017 года утверждена Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы. В этом документе вводится понятие «цифровой экономики», представляющей собой хозяйственную деятельность, в которой ключевым фактором эффективности производства являются сбор цифровых данных, их обработка и использование результатов аналитики. В то же время существует ряд федеральных законов и постановлений, направленных на защиту информационной инфраструктуры Российской Федерации (в том числе 187-ФЗ от 26 июля 2017 года), которые могут трактоваться различными службами как формальный повод для отказа в предоставлении доступа к данным.

В действительности, что касается кибербезопасности, можно сказать, что это исключительно технический вопрос. В настоящее время нет необходимости разрабатывать какие-то новые средства кибербезопасности под задачи вибродиагностики. Все необходимые для этого инструменты уже созданы – с их помощью эффективно функционируют системы банковских платежей и системы обмена закрытой информацией.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Компания SKF обладает огромным опытом в области вибромониторинга и вибродиагностики и является одним из крупнейших игроков на рынке данных систем. Мы предлагаем своим клиентам услуги по удаленному мониторингу и диагностике с использованием систем автоматической диагностики, описанных выше. При внедрении и установке систем мониторинга и диагностики на предприятиях наших клиентов особую ценность представляют глубокие знания SKF в области устройства промышленного оборудования, а также приверженность компании к внедрению инноваций, что обеспечивает бесперебойную работу производственных активов без остановов и аварий.

ООО «СКФ»

тел.: +7 (495) 510-18-20, e-mail: SKF.Moscow@skf.com

Н А Н О В О Й В Ы С О Т Е

Организаторы

The background is a dark blue gradient. A stylized globe is centered in the lower half. Three curved lines representing flight paths or orbits arc across the globe: a white one on the left, a blue one in the middle, and a red one on the right. A red five-pointed star is positioned at the top left, with a white trail leading from it towards the center. Two white paper airplane silhouettes are shown in flight, one above the blue path and one above the red path.

# МАКС 2019

ЖУКОВСКИЙ • 27 АВГУСТА - 1 СЕНТЯБРЯ