

DOI 10.25741/2413-287X-2018-06-2-003

УДК 664.734.2:658.562

# ТЕХНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, ДИАГНОСТИКА И ЗАЩИТА ОБОРУДОВАНИЯ

**А. ЯБЛОКОВ**, канд. техн. наук, **Б. ФЕДОРЕНКО**, **М. ЛАТЫШЕВ**, МГУПП

E-mail: yablokov\_alex@mail.ru

Для обеспечения безопасной эксплуатации технологического оборудования, перехода к стратегии технического обслуживания по фактическому состоянию необходимо иметь доступные и эффективные системы технического мониторинга. Разработанная в МГУПП система STM-12T обеспечивает мониторинг, диагностику и защиту технологических машин роторного типа по параметрам вибрации, температуры, шума и потребляемого тока. Функция беспроводной передачи измеренной информации в базу данных позволяет накапливать и анализировать диагностическую информацию. Проводятся исследования по применению современных методов классификации технического состояния машин с использованием искусственных нейронных сетей.

Ключевые слова: технологические машины, технический мониторинг, диагностика, средства мониторинга и защиты, техническое обслуживание.

Safe operation of the technological equipment and the shift to the strategy of real-situation technical maintenance require available and effective systems of technical monitoring of the equipment. The system STM-12T designed at Moscow State University of Food Industry performs monitoring, diagnostics, and protection of rotary machinery based on the parameters of vibration, temperature, and current power inputs. The capability of wireless transfer of the measurement data to the system's database allows accumulation and analysis of the diagnostic information. The research on the application of modern methods of classification of technical condition of the equipment with the use of the artificial neural networks (ANNs) will be continued.

Keywords: technological equipment, technical monitoring, diagnostics, controlling and protecting facilities, technical maintenance.

Для предотвращения аварийных ситуаций на производстве и поддержания оборудования в работоспособном состоянии применяются различные стратегии управления техническим обслуживанием и ремонтами (ТОиР). Основные из них представлены на рисунке 1. Выбор стратегии должен определяться уровнем критических последствий, возникающих в результате отказа оборудования.

На комбикормовых заводах используются преимущественно два вида ТО: реактивное обслуживание (после выхода из строя) и по регламенту (система плановых предупредительных ремонтов (ППР)). Оба метода имеют свои недостатки. В случае эксплуатации оборудования до выхода из строя возникают незапланированные простои производства вследствие аварийной остановки оборудования. Применение системы ППР в большинстве

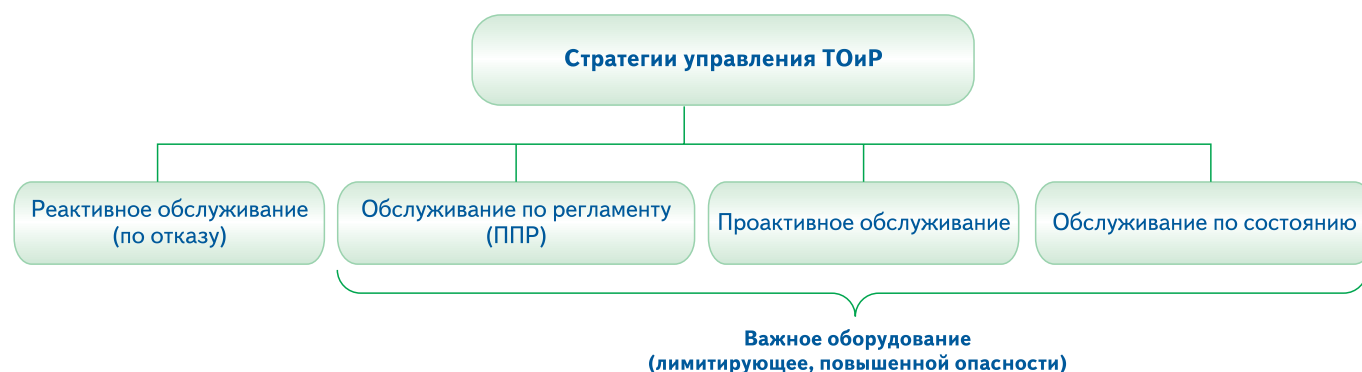


Рис. 1. Основные стратегии управления ТОиР

случаев экономически неоправданно, так как базируется на усредненных нормативах и имеет высокую трудоемкость.

Стратегия проактивного технического обслуживания заключается в обеспечении максимально возможного межремонтного срока эксплуатации оборудования путем применения современных технологий обнаружения и подавления источников отказов. Внедрение такой стратегии предполагает использование автоматизированных систем управления ТОиР для документирования от-

казов оборудования и сервисных мероприятий для статистического анализа причин и последствий поломок с целью их предотвращения в дальнейшем.

Наиболее прогрессивной является стратегия обслуживания оборудования по техническому состоянию. Однако для ее внедрения необходимо наличие системы мониторинга и диагностики оборудования, устройств сигнализации о возможных неисправностях в машинах при их эксплуатации [1, 2].

Несмотря на высокую эффективность современных систем технического контроля, на комбикормовых предприятиях они еще не нашли широкого применения по причине высокой стоимости и сложности имеющихся на рынке средств мониторинга.

В Московском государственном университете пищевых производств (МГУПП) на кафедре «Пищевая инженерия» проводится работа по созданию системы технического мониторинга и диагностирования технологических машин пищевых предприятий [2]. В результате исследований установлено, что для анализа технического состояния машины в процессе ее функционирования наиболее универсальными и информативными диагностическими параметрами являются вибрационные, акустические, тепловые и электротехнические. Контроль и анализ значений этих параметров (диагностических признаков) позволяет судить о техническом состоянии машины, зарождении и развитии дефектов. Исследования, проведенные на комбикормовом заводе [2, 3], показали высокую эффективность применения методов функционального вибродиагностирования для оборудования роторного типа (молотковых дробилок, вентиляторов, компрессоров, смесителей и др.) при определении таких дефектов, как дисбаланс ротора, дефекты муфт, подшипников, ременных и зубчатых передач, др.

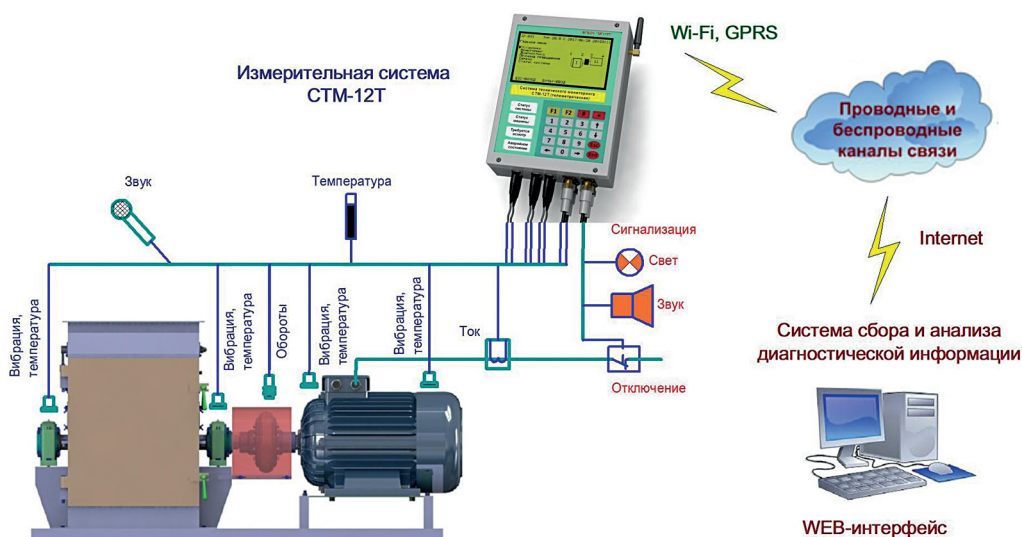


Рис. 2. Функциональная схема системы технического мониторинга и диагностики молотковой дробилки

По результатам исследований разработана стационарная система технического мониторинга и диагностики оборудования роторного типа. Функциональная схема системы мониторинга молотковой дробилки представлена на рисунке 2.

Основой системы является 12-канальный прибор STM-12T, который в режиме реального времени измеряет и математически обрабатывает различные физические параметры (диагностические признаки), сопровождающие работу машин (вибрацию, температуру, уровень излучаемого шума, значение потребляемого тока фазой электродвигателя, обороты вала). В качестве первичных средств измерения используются цифровые датчики вибрации, температуры, тока, звука и оборотов. Датчики вибрации и температуры, как правило, устанавливаются на подшипниковых узлах машины и для удобства подключения объединены в один корпус. Мониторинг состояния оборудования и допусковый контроль осуществляются по интегральным характеристикам (среднее квадратическое значение (СКЗ)) виброскорости, потребляемого тока фазой электродвигателя, излучаемого звука и температуры подшипниковых узлов машины.

Контроль проводится путем сравнения текущих значений диагностических признаков с предельно допустимыми значениями (ПДЗ). В результате сравнительного анализа состояние машины относят к одному из трех классов: «норма», «требуется осмотр» или «аварийное состояние». В последнем случае включается световая и звуковая сигнализация, обеспечивается аварийное отключение машины.

Обладая невысокой стоимостью, система имеет широкий функционал. Основные ее возможности представлены в таблице.

Система имеет гибкие настройки. Для каждого контролируемого параметра устанавливаются свои ПДЗ диагностических признаков, настраиваются флаги включе-

## Технические возможности прибора СТМ-12Т

Назначение	Функции	Диагностическая информация
Допусковый контроль диагностических признаков машин и механизмов (в режиме реального времени)	Измерение, обработка и сравнение текущих значений диагностических признаков с предельными значениями, формирование флагов сигнализации	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Температура (5 каналов)</li> <li>• СКЗ вибрации (4 канала)</li> <li>• Обороты вала от 60 до 5000 об/мин</li> <li>• СКЗ излучаемого шума</li> <li>• СКЗ потребляемого тока</li> </ul>
Включение сигнализации, аварийное отключение машины	Сравнение текущих значений диагностических признаков с ПДЗ	
Учет количества пусков и времени наработки машины до технического обслуживания	Определение режима работы оборудования, учет времени работы и количества пусков	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Обороты вала от 60 до 5000 об/мин</li> <li>• СКЗ потребляемого тока фазой электродвигателя</li> </ul>
Учет типовых выявленных дефектов (причин поломок). Учет типовых мероприятий по ТОиР оборудования	Заполнение оператором соответствующих форм посредством приборного интерфейса	До 10 типовых дефектов машины и до 10 типовых мероприятий по ТОиР (дисбаланс ротора; износ подшипника, муфты, передачи, других рабочих органов)
Детальный анализ диагностических признаков на ПК в режиме удаленного доступа по сети Internet.	Передача диагностической информации посредством GSM-модема в БД на сервер для хранения и анализа с использованием средств анализа «больших данных» (методами нечеткой логики и нейронных сетей)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Температура (5 каналов)</li> <li>• СКЗ вибрации (4 канала)</li> <li>• Обороты вала от 60 до 5000 об/мин</li> <li>• СКЗ излучаемого шума</li> <li>• СКЗ потребляемого тока</li> <li>• Спектр (0–800 Гц) вибрации (128 линий) (4 канала)</li> <li>• Спектр (0–16 кГц) шума (128 линий)</li> <li>• Спектр (0–25 Гц) огибающей СКЗ тока (128 линий)</li> </ul>
Исследовательская работа по решению задач сбора и анализа статистических данных, удаленному мониторингу, испытанию новых образцов (опционально)		



Рис. 3. Вариант монтажа прибора СТМ-12Т системы мониторинга в щит автоматики

ния световой и звуковой сигнализации, отключения машины в случае превышения предельных значений. Информация о работе машины выводится на дисплей и дублируется световыми индикаторами. Система мониторинга (прибор СТМ-12Т и средства автоматизации включения сигнализации и защитного отключения) может быть смонтирована в силовой щит автоматики. Вариант такого монтажа представлен на рисунке 3.

Процедура диагностирования подразумевает более детальный анализ спектрального состава вибрации, шума, потребляемого тока и требует значительных вычислительных ресурсов, которые обеспечены посредством «облачных» технологий на удаленном сервере. Для этой цели прибор СТМ-12Т снабжен функцией телеметрии и позволяет ежеминутно посредством встроенного GSM-модема передавать в базу данных на ftp-сервер измеренную диагностическую информацию. Подключив несколько систем к одной БД можно обеспечить сбор большого объема статистической информации как по однотипному оборудованию, работающему в одинаковых или различных условиях, так и по оборудованию различного типа

и назначения. Собранная информация относится к типу «большие данные» (Big Data). Доступ заинтересованных лиц к накопленной в БД информации обеспечивается по сети Internet посредством WEB-интерфейса.

В настоящее время в МГУПП проводятся исследования по использованию новых методов классификации технического состояния оборудования с использованием технологии искусственных нейронных сетей, нечеткой логики, статистического анализа большого объема диагностической информации [4]. Система мониторинга может применяться как дополнительная опция к новому оборудованию и как вариант дооснащения функционирующих машин. Система мониторинга достаточно универсальна, имеет гибкие настройки и подходит для различных машин роторного типа.

## Литература

1. Надежность машиностроительной продукции: Практическое руководство по нормированию, подтверждению и обеспечению. — М.: Издательство стандартов, 1990. — 328 с.
2. Яблоков, А.Е. Техническая диагностика оборудования: перспективные методы и средства / А.Е. Яблоков // Комбикорма. — 2013. — №5. — С. 57–59.
3. Терехин, С.Ю. Разработка методики и системы вибродиагностики технологического оборудования для производства комбикормов / дисс. канд. технических наук. — М., 2014. — 159 с.
4. Яблоков, А.Е. Нейросетевые технологии в задаче мониторинга машин комбикормового производства / А.Е. Яблоков // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2015. — №6. — С. 41–44. ■