

Ушаков Олег Олегович,

магистрант, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: ylliakof@mail.ru

Дементьев Анатолий Иванович,

к.т.н., профессор, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: anatdementev@mail.ru

Подоплелов Евгений Викторович,

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: uch_sovet@angtu.ru

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СТАЦИОНАРНОГО МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ushakov O.O., Dement'ev A.I., Podoplelov E.V.

DEVELOPMENT OF A STATIONARY MONITORING SYSTEM FOR THE TECHNICAL CONDITION OF DYNAMIC EQUIPMENT

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы мониторинга технического состояния динамического оборудования промышленных предприятий, обеспечивающего принятие обоснованных решений по его текущему обслуживанию и выводу в ремонт.

Ключевые слова: система стационарного мониторинга, динамическое оборудование, дефект.

Abstract. The paper considers the issues of monitoring the technical condition of dynamic equipment of industrial enterprises, which provides informed decisions on its current maintenance and commissioning.

Keywords: stationary monitoring system, dynamic equipment, defect.

Обеспечение надежной и безаварийной работы динамического оборудования нефтеперерабатывающих предприятий достигается за счет своевременного проведения его технического обслуживания и ремонта (ТОиР). Связанные с этим затраты являются одним из основных показателей производственно-хозяйственной деятельности этих предприятий. Большую часть динамического оборудования на нефтеперерабатывающих предприятиях с непрерывным характером производства составляет динамическое оборудование, которое задействовано в основном производстве. Эффективно организованная система его ТОиР в значительной степени способствует повышению качества и конкурентоспособности продукции предприятий на мировом рынке. С появлением новых разработанных технических средств стало возможным повышение надежности и безаварийной работы данного оборудования – сокращение количества и объемов его ремонтов, количества необходимых запасных частей и материалов. Надёжная и безаварийная эксплуатация динамического оборудования на предприятиях нефтепереработки неразрывно связана с оценкой его технического состояния на всех этапах его жизненного цикла: в прошлом, настоящем и в будущем. Для этого динамическое оборудование оснащают специаль-

ными системами, которые называются системами стационарного мониторинга (ССМ).

Мониторинг диагностического параметра – это процесс наблюдения во времени за изменением параметра – вибрации, температуры, тока и т.д., отражающего изменение технического состояния диагностируемого оборудования [1-5]. Для обеспечения мониторинга технического состояния динамического оборудования проводится его оснащение оборудованием и датчиками различных физических величин, которые обеспечивают контроль за изменением выбранных диагностических параметров [6-9].

ССМ оснащается динамическое оборудования технологических установок, занимающее ключевые позиции в технологическом процессе и определяющее безопасность производства, внезапный отказ которого может привести к техногенной аварии (взрыву, пожару) или существенному снижению технико-экономических показателей производства [10]. На сегодняшний день разработано много различных ССМ, поэтому рассмотрим основные технические требования, которым должна отвечать разработанная ССМ для динамического оборудования, а так же отдельное оборудование и датчики этих систем. Во-первых, при проектировании ССМ должны использоваться, по крайней мере, следующие нормативно-технические документы:

1) ГОСТ 24.104-85. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования;

2) ГОСТ 24.702-85. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Эффективность автоматизированных систем управления. Основные положения;

3) ГОСТ 24.701-86. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Надежность автоматизированных систем управления. Основные положения;

4) ГОСТ 34.201-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем;

5) ГОСТ 34.602-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы;

6) РД 50-682-89. Методические указания. Информационная технология. Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы. Общие положения;

7) РД 50-680-88. Методические указания. Автоматизированные системы. Основные положения;

- 8) РД 50-34.698-90. Методические указания. Информационная технология. Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы. Требования к содержанию документов;
- 9) ГОСТ 34.003-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения;
- 10) ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения;
- 11) ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения;
- 12) ГОСТ Р 53564-2009. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга;
- 13) ГОСТ Р 53563-2009. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Порядок организации;
- 14) ГОСТ 32106-2013. Контроль состояния оборудования опасных производств. Вибрация центробежных насосных и компрессорных агрегатов;
- 15) ANSI/API 670. Vibration. Axial Position. and Bearing Temperature Monitoring Svstems.

Во-вторых, ССМ должна строиться с учётом структуры и топологии объекта мониторинга. При этом должны выделяться следующие уровни иерархии системы: 1) Агрегатный уровень; 2) Уровень установки/цеха; 3) Уровень завода.

Агрегатный уровень должен включать в себя измерительные каналы, в т.ч. измерительные преобразователи и систему передачи результатов измерений (удлинительные кабели, шкафы для коммутации кабелей, расположенные возле агрегатов, магистральные кабели и другие средства передачи данных). На этом уровне должно выполняться непосредственное измерение контролируемых параметров, коммутация измерительных каналов и передача измеренных данных на уровень установки/цеха. ССМ должна измерять и контролировать следующие параметры. Для центробежных насосных агрегатов (в том числе дымососов, газозадувок): абсолютную вибрацию подшипников опор электродвигателя и насоса в двух взаимно перпендикулярных направлениях, осевую вибрацию агрегата, температуру подшипников насоса и электродвигателя, температуру обмотки статора электродвигателя и силу тока (при необходимости). Для поршневых компрессоров критического уровня риска: температуру клапанов, уплотнений штоков, направляющих крейцкопфов, положение штоков в двух плоскостях, ударные нагрузки крейцкопфа, абсолютную вибрацию (среднеквадратическое значение виброскорости) станины и подшипников опор электродвигателя, динамическое давление в цилиндрах, число оборотов электродвигателя. Для центробежных компрессоров критического уровня риска: относительные перемещения ротора компрессора во взаимно перпендикулярных направлениях, осевое смещение ротора компрессора, абсолютную вибрацию подшипников опор электродвигателя и мультипликатора, число оборо-

тов электродвигателя, температуру вкладышей подшипников компрессора и электродвигателя, температуру обмоток статора электродвигателя. Для винтовых компрессорных агрегатов: абсолютную вибрацию подшипниковых опор электродвигателя в двух взаимно перпендикулярных направлениях, осевую вибрацию электродвигателя, абсолютную вибрацию подшипниковых опор компрессора, осевое смещение ротора компрессора.

Уровень установки/цеха должен включать в себя контроллеры или другие устройства, осуществляющие измерения, сбор, контроль, мониторинг по всем измерительным каналам, шкафы для коммутации, автоматизированное рабочее место (АРМ) оперативного персонала. АРМ – программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий индикацию текущего технического состояния агрегатов, хранение информации (значений параметров).

Уровень завода должен включать в себя сервер – программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий сбор и хранение информации (значений параметров), получаемой от агрегатных подсистем, а также предоставляющий доступ АРМ к накопленной информации. АРМ специалиста по диагностике – программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий на уровне специалистов завода слежение за техническим состоянием оборудования и проведение детального анализа данных о его изменении.

В-третьих, к каждой ССМ предъявляются требования, связанные с проведением измерений. Система должна обеспечивать возможность сбора, обработки на уровне контроллеров и сохранения в базе данных синхронно и параллельно следующих данных: размах виброперемещения, среднеквадратическое значение (СКЗ) виброускорения, виброскорости и виброперемещения полигармонической относительной или абсолютной вибрации, тренд изменения параметров, временная реализация сигнала вибрации для каждого канала измерения вибрации с числом выборок во временной реализации не менее 8000 точек, спектр сигнала вибрации для каждого канала измерения с числом линий не менее 800 в диапазоне частот 10000 Гц, траектория двухканального сигнала для динамического оборудования, оснащенного датчиками контроля относительных перемещений ротора, а так же для определения скорости развития дефектов система должна отображать тренды их развития. Необходимая периодичность сбора, сохранения данных и их сопоставления с уставками определяется в зависимости от степени критичности и конструктивных особенностей контролируемого динамического оборудования, но не должна превышать 120 сек. Для центробежных высокооборотных компрессоров критического уровня риска, период опроса общего уровня вибрации одного канала измерения должна составлять до 1 секунды (в зависимости от конфигурируемого разрешения, минимально 80 мсек). Для центробежных насосов критического уровня риска период опроса общего уровня вибрации одного канала измерения должна составлять

до 120 секунд (в зависимости от конфигурируемого разрешения, минимально 10 сек).

В-четвертых, ССМ должна обеспечивать безопасность обслуживающего персонала, самой системы, сопрягаемых с ней систем окружающей природной среды по следующим видам: 1) Пожаробезопасность; 2) Взрывобезопасность; 3) Электробезопасность. Датчики и формирователи сигнала частей системы, находящихся во взрывоопасной или пожароопасной зоне, должны иметь маркировку по взрывозащите в соответствии с требованиями НТД и по защите от проникновения воды и пыли не хуже IP65. При этом никакие ошибочные действия персонала системы не должны приводить к аварийной ситуации в системе и на объекте эксплуатации. ССМ должна соответствовать требованиям Росстандарта РФ по безопасности и метрологии. Надежность системы должна достигаться за счет использования процедур обнаружения программных и аппаратных сбоев и отказов, а также за счёт минимизации времени восстановления работоспособности. Вероятность безотказной работы системы в целом за 20 000 часов – не менее 0,9. Под отказом системы понимается отказ, приводящий к потере ее работоспособности. Средняя наработка на отказ каналов измерения параметров и контроллеров для динамического оборудования критического уровня риска – не менее 100 000 часов с вероятностью 0,95. Для остального оборудования средняя наработка на отказ каналов измерения параметров и контроллеров – не менее 40 000 часов с вероятностью 0,95. Срок службы системы – не менее 10 лет с учетом проведения восстановительных работ согласно ГОСТ 21552-84 Е «Средства вычислительной техники. Общие требования, правила приемки, методы испытаний, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение».

В-пятых, к ССМ предъявляются следующие требования по сохранности информации при авариях. ССМ должна иметь энергонезависимую память, позволяющую при отключении питания сохранять полную конфигурацию системы, значения уставок сигнализаций и блокировок. Для обеспечения сохранности информации в диагностической станции системы мониторинга должен быть установлен источник бесперебойного питания (ИБП). ССМ должна предусматривать автоматический перезапуск системы при некорректных внешних воздействиях.

В-шестых, к ССМ предъявляются следующие требования по метрологическому обеспечению [11, 12]. ССМ должна соответствовать требованиям Росстандарта РФ по метрологии. Калибровка каналов должна осуществляться метрологической службой исполнителя, которая должна быть аккредитована Росстандартом РФ, либо органами Росстандарта РФ.

В заключение можно сделать следующий вывод: рассмотренные требования к системе мониторинга позволяют разработать систему, которая сможет определить момент зарождения дефекта и спрогнозировать время при котором

объект придет в критическое состояние. К этому времени можно подготовить специалистов и требуемые комплектующие изделия, что позволит сократить время ремонта и простоя дорогостоящего оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барков А.В. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации. Изд-во Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, 2000. – 169 с.

2. Бойченко С.Н. Оптоволоконные системы мониторинга температуры и деформации // XX Всероссийская научно-техническая конференция по неразрушающему контролю и технической диагностике: доклады конференции. 2014. № 1. С. 68-72.

3. Герике В.Л. Мониторинг и диагностика технического состояния машинных агрегатов: В 2-х частях. Кемерово: КузГТУ, 1999. Ч.1 – 188 с.; Ч.2 – 230 с.

4. ГОСТ 32106-2013. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Вибрация центробежных насосных и компрессорных агрегатов. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2014. – 8 с.

5. ГОСТ Р 53563 – 2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Порядок организации. – М.: «Стандартинформ», 2010. – 8с.

6. Костюков В.Н. Мониторинг безопасности производства. М.: Машиностроение, 2002. – 224 с.

7. Костюков В.Н. Основы виброакустической диагностики и мониторинга машин – 2-е изд., с уточн. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. – 378 с.

8. Махутов Н.А. Мониторинг состояния и рисков эксплуатации оборудования в реальном времени – основа промышленной безопасности // Федеральный справочник. 2012. № 26. С. 321-326.

9. Науменко А.П. Научно-методические основы вибродиагностического мониторинга поршневых машин в реальном времени [текст]: дис. ... докт. техн. наук: 05.11.13 : защищена 22.03.2012 / Науменко Александр Петрович. – Омск: ОмГТУ. 2012. – 423 с.

10. Системы мониторинга опасных производственных объектов. Общие технические требования: СА 03-002-05. Стандарт ассоциации Ростехэкспертиза. М.: Изд-во «Компрессорная и химическая техника», 2005. – 42 с.

11. Валеев С.И., Поникаров С.И. Техническая диагностика. Учебное пособие. Казань: Изд-во Академии наук Республики Татарстан, 2015. – 124 с.

12. Носов В.В. Диагностика машин и оборудования. Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург: Изд-во «Лань», 2012. – 384 с.