

**Черепанов Анатолий Петрович,**

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

e-mail: boning89@mail.ru

**Рыбин Олег Александрович,**

д.т.н., ведущий научный сотрудник, Балтийский государственный технический университет,

"ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, e-mail: oleg\_rybin65@mail.ru

## **КОМПЛЕКС МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ**

**Cherepanov A.P., Rybin O.A.**

## **THE COMPLEX OF MONITORING OF TECHNICAL DEVICES**

**Аннотация.** Рассмотрено обеспечение безопасности на всех стадиях жизненного цикла технических устройств, осуществляемое методами технического диагностирования, мониторинга и ресурсно–прочностными исследованиями.

**Ключевые слова:** живучесть, запасы прочности, мониторинг, надежность, прочность, разрушение, ресурс, риск, техническое состояние, техногенная безопасность.

**Abstract.** The safety assurance at all stages of the life cycle of technical devices, carried out by methods of technical diagnostics, monitoring and resource–strength studies, is considered.

**Keywords:** durability, destruction, monitoring, reserves, reliability, resource, risk, safety survivability, technical condition, technogenic safety.

Комплекс мониторинга (КМ) технического состояния (ТС) и оценки ресурса технических устройств (ТУ), работающих под давлением, содержит программу мониторинга, измерительные системы, устройства передачи информации по каналам связи, модули обработки информации и результатов мониторинга, программный комплекс ресурсно-прочностных исследований (РПИ), системы подготовки технической документации и заключений по техническому состоянию и ресурсу [1]. Рассмотрим этапы работы КМ.

1. Формируется программа мониторинга, включающая сведения о ТУ: тип; назначение; класс опасности; температуру, давление и состав технологических сред; ветровые и сейсмические нагрузки; цикличность нагружения; данные по конструктивному исполнению; размеры узлов и деталей; типы разъемных соединений и сварных швов. Программа мониторинга включает порядок и последовательность контроля с учетом типа, технических характеристик, методов контроля и измерительных систем. Задается диапазон измеряемых параметров, количество точек измерения и места установки датчиков на элементах ТУ.

2. В соответствии с программой мониторинга в КМ в компьютерные модули вводятся исходные данные по ТУ. Контролируемые элементы ТУ оснащаются датчиками, системами передачи информации в КМ. Задается объем и порядок его проведения, диапазоны измеряемых параметров, их количество и периодичность передачи данных.

3. Перед мониторингом проверяется работоспособность всех систем КМ, осуществляется тестирование их работоспособности с получением откликов от датчиков и измерительных систем.

4. В процессе мониторинга отслеживается изменение контролируемых параметров: температуры, давления и состава сред; скорости их перемещения в рабочем пространстве; параметров, которые изменяют ТС при воздействии на элементы ТУ температуры окружающей среды; ветровых и сейсмических нагрузок; амплитуды и количества циклов колебаний и вибрации, толщины стенок, механических напряжений в зонах вероятного появления дефектов и др. Численные величины контролируемых параметров фиксируются модулем обработки информации, а затем определяются области допустимых значений технологических параметров и изменяющих ТС параметров, в том числе, уменьшение толщин стенок, рост механических напряжений в зонах вероятного появления дефектов.

5. В процессе мониторинга проводятся РПИ с определением прочности обечаек, днищ и крышек, патрубков, трубопроводов, нагрузок на штуцеры. Рассчитывается прочность несущих конструкций от воздействия опорных нагрузок, определяют напряжения в зонах коррозионных и других дефектов, и их опасность. Исследуется напряженно–деформированное состояние, вероятность хрупкого разрушения. Анализируют область допустимых значений показателей прочности элементов ТУ и их снижение за последующий период эксплуатации. Мониторингом определяются фактические запасы прочности в режиме реального времени. Если запасы прочности отдельных элементов близки к нормативным, то разрабатывают рекомендации по ремонту, замене или усилению ослабленных элементов.

6. Техническое состояние ТУ оценивается запасами прочности узлов, деталей, элементов и зон их сопряжения между собой по исходным и фактическим толщинам стенок, напряжениям, деформациям и числу циклов. Конечный этап РПИ — прогнозирование ресурса с учетом усиления или замены изношенных узлов, деталей и элементов.

7. Ресурс каждого узла, детали или элемента определяют с учетом наименьшего запаса прочности, а по их наименьшему ресурсу задают ресурс всего ТУ. Каждый этап мониторинга завершается определением ресурса безопасной эксплуатации ТУ, как показано в работе [1], и составлением заключения по мониторингу ТС и ресурсу оборудования. По ТС и ресурсу каждого ТУ оценивается ресурс и безопасность эксплуатации всего технологического комплекса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Махутов Н.А., Черепанов А.П., Лисанов М.В.** Задачи разработки и реализации системы управления промышленной безопасностью предприятия при эксплуатации технических устройств// Безопасность труда в промышленности. – 2021. – № 2. – С. 15–19. DOI: 10.24000/0409–2961–2021–2–15–19.