
**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 681.518.5

**ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОРГАНИЗАЦИИ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА ОБОРУДОВАНИЯ АЭС**

**© 2015 г. О.Ю. Пугачева, В.Н. Никифоров, Е.А. Абидова, П.В. Синельщиков,
Р.Г. Бабенко, Д.В. Сиротин, Ю.Н. Елжов**

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл.

В работе рассматриваются вопросы поддержания эксплуатационной безопасности и функциональной пригодности оборудования энергоблоков АЭС, оптимизация сроков ремонта и сокращение затрат на его проведение за счет организации диагностического мониторинга оборудования АЭС.

Ключевые слова: электроприводная арматура, диагностический паспорт, база данных.

Поступила в редакцию 15.05.2015

Диагностический мониторинг при эксплуатации энергоблоков обеспечивает поддержание безопасности и функциональной пригодности ответственного оборудования АЭС.

Целями организации мониторинга являются:

- оценка технического состояния и определения дефектов оборудования энергоблоков АЭС с использованием средств и методов технической диагностики;
- поддержание эксплуатационной безопасности и функциональной пригодности оборудования энергоблоков АЭС в межремонтный период и при продлении сроков эксплуатации энергоблоков АЭС;
- оптимизация сроков ремонта и сокращение затрат при проведении ремонтных работ на АЭС.

Мониторинг и диагностика оборудования энергоблоков АЭС подразумевает оценку технического состояния, поиск дефектного узла, прогноз остаточного ресурса. Результаты диагностического обследования используются при разработке ремонтной документации для подготовки и проведения ТОиР (техническое обслуживание и ремонт), оптимизации сроков выполнения технического обслуживания и ремонта, сокращения затрат на его проведение [1]. Таким образом, задачами при организации мониторинга являются:

- разработка комплектов технологической документации (далее – КТД) для обеспечения подготовки и проведения ремонта оборудования с учетом рекомендаций по результатам технического диагностирования;
- прогнозирование технического состояния диагностируемого оборудования, использование результатов диагностического мониторинга при определении ресурсных характеристик обследуемого оборудования, расчете остаточного ресурса и прогнозирования технического состояния;
- построение аналитических моделей дефектов обследуемого оборудования на основании данных диагностического мониторинга.

НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ производит диагностическое сопровождение оборудования Ростовской, Нововоронежской, Балаковской, Калининской АЭС и других

предприятий атомной отрасли России и зарубежья. Перечень оборудования, диагностируемого специалистами НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ, включает электроприводную арматуру (ЭПА), насосы, вентиляторы, привода СУЗ, перегрузочную машину, дизель-генераторные установки (включая навесное оборудование), теплообменное оборудование (подогреватели высокого давления, подогреватели низкого давления, испаритель, парогенератор).

Результатом обобщения опыта диагностирования ЭПА является поэтапный подход к организации диагностического мониторинга оборудования АЭС, включающий пять этапов.

I. Предварительный этап:

- составление и согласование перечня ЭПА для проведения диагностирования;
- подбор и анализ необходимой технической документации на ЭПА согласно перечню;

- формирование типовых групп ЭПА.

II. Сбор и предварительный анализ диагностической информации:

- проведение регистрации диагностических параметров;
- экспресс – анализ диагностических параметров с выдачей оперативного заключения о техническом состоянии ЭПА (в течение 1 часа – 5 единиц арматуры).

III. Анализ диагностической информации:

- полный расчет и анализ диагностических параметров;
- получение и анализ графиков огибающих диагностических параметров и амплитудно-частотных спектров;

- оформление протокола диагностического обследования ЭПА.

IV. Расчет доверительных интервалов (полей допусков):

- по огибающей диагностических параметров (сигнала активной мощности и токового сигнала);

- по спектрам токового сигнала.

V. Формирование отчетных материалов:

- акты-заключения о техническом состоянии ЭПА;

- технический отчет по результатам диагностического обследования.

При анализе диагностической информации одновременно с «информационной теорией огибающей» используют «спектральную информационную теорию» [2]. Диагностические параметры, рассчитанные по токовым сигналам и сигналам активной мощности, сравнивают с нормами оценки по НД и допусками на них, а амплитудно-частотные спектры, огибающие токового сигнала и сигнала активной мощности сравнивают с рассчитанными полями допусков и эталонами. При этом оценивается как изменение технического состояния как каждой конкретной технологической позиции ЭПА, так и всей типовой группы в целом. В целях сопоставимости результатов неоднократного диагностирования, измерения необходимо проводить в одинаковых условиях (параметры окружающей и рабочей среды).

Основными особенностями предлагаемого подхода к организации диагностического мониторинга оборудования АЭС являются:

- возможность использования новых методик для повышения достоверности результатов диагностирования ЭПА;

- формирование и последующее заполнение электронного диагностического паспорта ЭПА.

Многолетний опыт диагностирования оборудования АЭС (с 1980 г.) лег в основу создания электронных баз данных, в которых хранится информация о более чем 16000 единицах оборудования. Комплексная база данных содержит общие сведения о диагностируемом оборудовании (паспорта оборудования, технические условия,

чертежи, спецификации, эксплуатационную и ремонтную документацию, нормируемые диагностические параметры); диагностические сигналы; расчетные значения диагностических параметров по датам регистрации и обработки, расчетные значения доверительных интервалов на диагностические параметры по типоразмерам оборудования; каталог дефектов; банк данных технического состояния оборудования; электронный архив отчетных документов. Особое значение имеет использование сведений, содержащихся в базе данных для отслеживания тенденций изменения технического состояния и принятия решений о возможности продления межремонтного периода оборудования при переходе к стратегии ТОиР по техническому состоянию. Схема организации мониторинга и диагностирования оборудования АЭС с использованием электронных баз данных приведена на рисунке 1.



Рис. 1. – Схема организации мониторинга и диагностирования оборудования АЭС с использованием электронных баз данных

Сведения, хранящиеся в базе данных, используются при предварительном анализе (экспресс-анализе) технического состояния диагностируемого оборудования, и при окончательном расчете диагностических параметров и анализе технического состояния с постановкой диагноза по техническому состоянию обследуемого оборудования – «работоспособное», «частично работоспособное», «не работоспособное» с дальнейшими рекомендациями по выводу оборудования в ремонт. Основным инструментом, используемым при анализе технического состояния, является сравнительный анализ с эталонными значениями параметров технического состояния, хранящихся в базе данных:

– значений диагностических параметров и эталонных графиков огибающих сигналов, используемых при диагностировании оборудования, полученных с учетом

типоразмера обследуемого оборудования;

- графиков расчетных спектров и “масок” спектров по типовым группам оборудования;
- граничных значений по диагностическим параметрам, как по типовым группам оборудования, так и по каждой единице диагностируемого оборудования;
- информации из каталога дефектов диагностируемого оборудования.

Анализ параметров текущего технического состояния объекта диагностирования производится с учетом графиков ремонтов диагностируемого оборудования (с указанием категории ремонта – «текущий», «средний», «капитальный»).

Результаты диагностического обследования оборудования АЭС используются при определении остаточного ресурса оборудования и как один из инструментов управления ресурсными характеристиками оборудования при эксплуатации оборудования в период работы оборудования в период дополнительного срока эксплуатации.

Для повышения качества диагностирования оборудования на каждую технологическую единицу составляются и ведутся интерактивные диагностические паспорта. Пример схемы формирования Банка диагностических паспортов на одну технологическую позицию ЭПА представлен на рисунке 2.

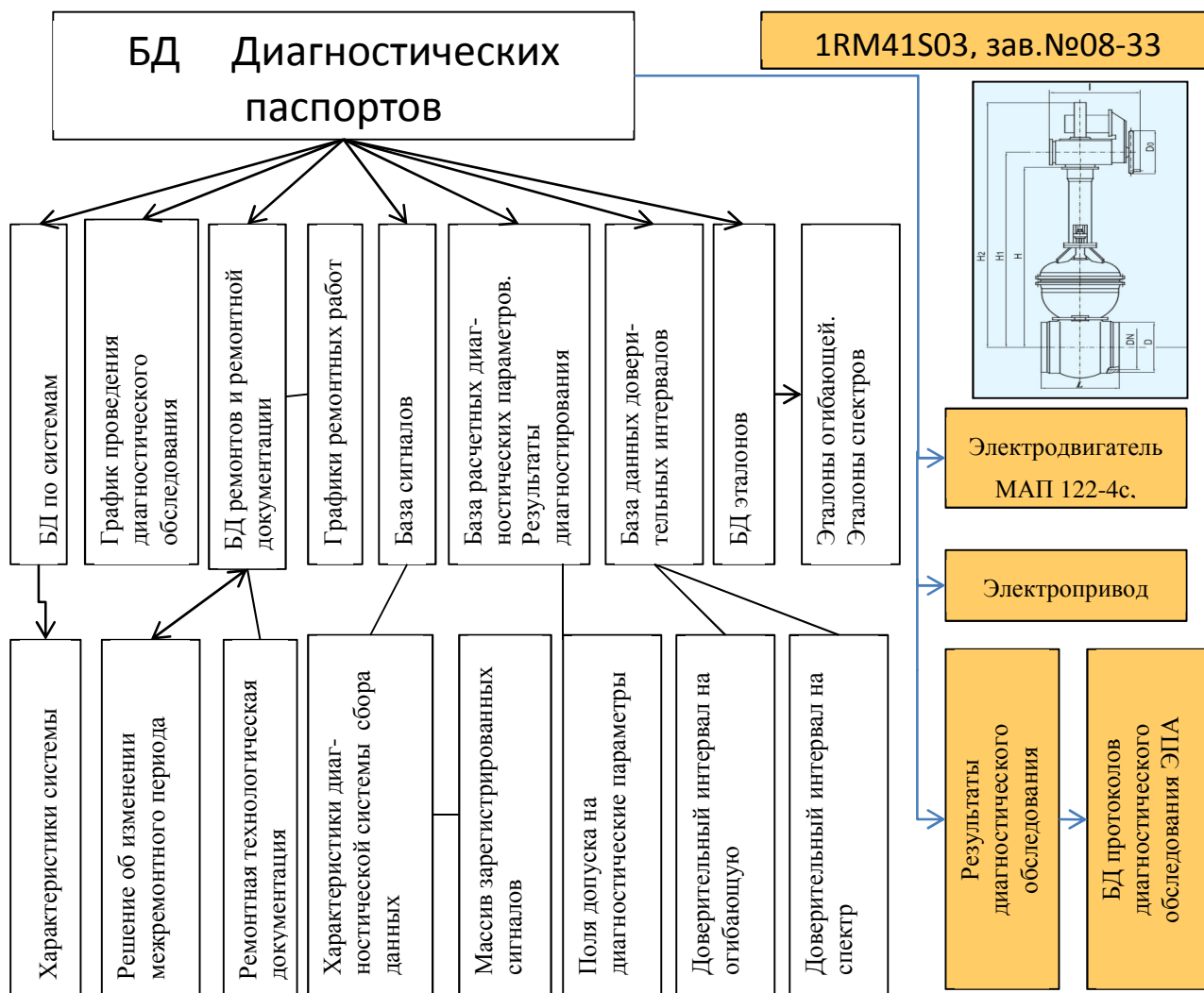


Рис. 2. – Схема формирования Банка диагностических паспортов ЭПА

Располагая всесторонней информацией, специалисты НИИ АЭМ разрабатывают и внедряют новые методики диагностирования, создают программы автоматической обработки данных, опробуют новые методы диагностики, разрабатывают и осуществляют поставку диагностических комплексов. Согласно методике, работоспособность механизма оценивается на основании анализа диагностических параметров (например, время срабатывания, величина рабочего тока). Расчет и сравнение с нормативом производится автоматически.

Корректировка межремонтного периода оборудования, подлежащего контрольному вскрытию в период ППР, производится на основании актов-заключений о техническом состоянии оборудования по результатам измерений расчета и анализа диагностических параметров; карт технического контроля; сведений журнала регистрации дефектов. Схема документооборота при корректировке межремонтного периода представлена на рисунке 3.

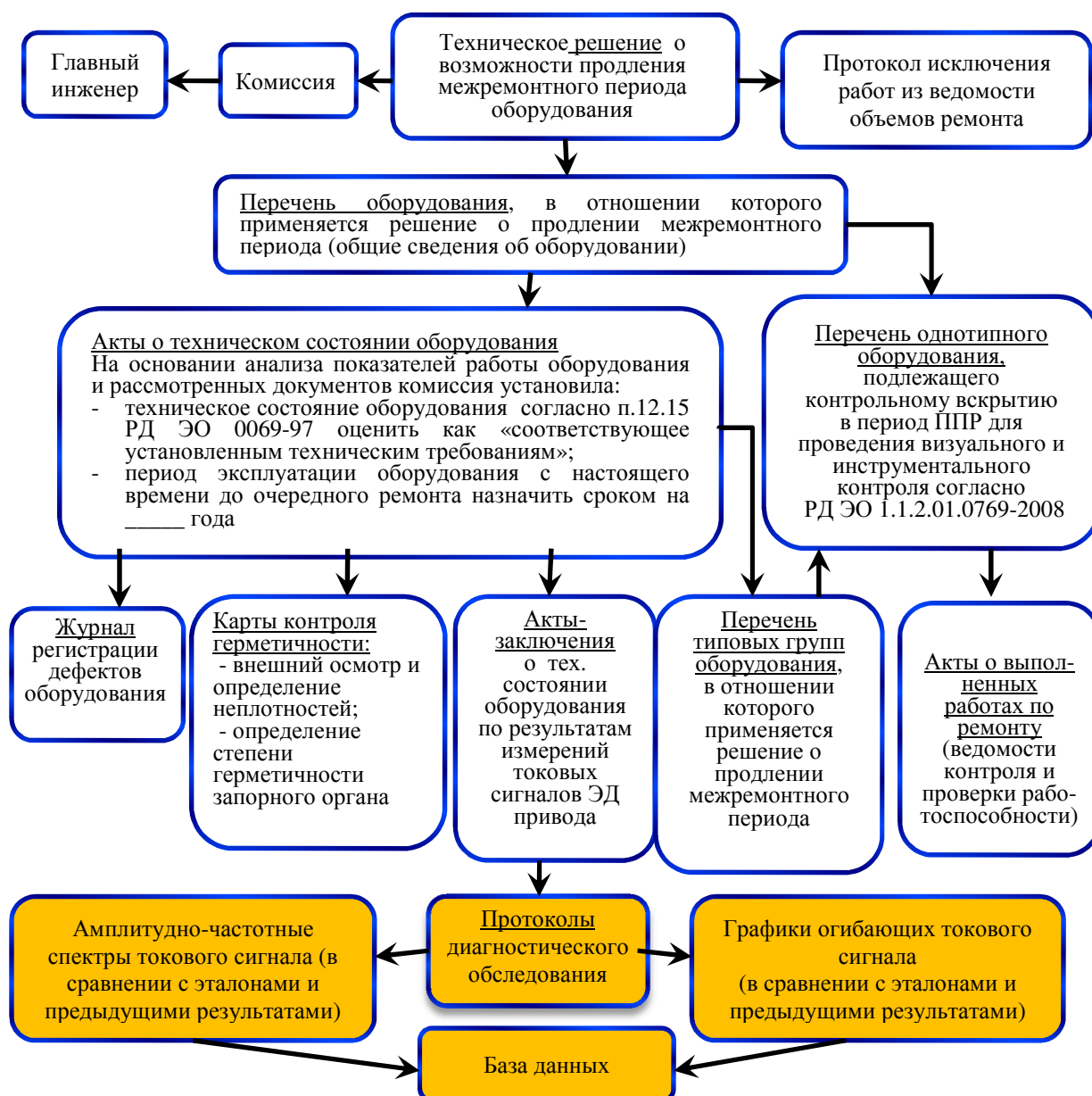


Рис. 3. – Корректировка межремонтного периода

Техническое решение о возможности продления межремонтного периода оборудования согласовывается с комиссией во главе с главным инженером. Оно содержит перечень оборудования, в отношении которого применяется решение о продлении межремонтного периода (общие сведения об оборудовании) и протокол исключения работ из ведомости объемов ремонта.

Повышение качества диагностирования является научной проблемой, для решения которой специалистами НИИ проводится разработка новых методов анализа диагностических данных с использованием натурального и численного моделирования [3,4].

Один из новых методов – вейвлет-анализ – выявляет информативные гармоники на фоне шума. Повышение амплитуд отдельных гармоник показано изменением цвета в вейвлет спектре за 2008 г. А в спектре признаки ухудшения по данной арматуре были обнаружены только в период ППР 2009 г. Т.е. новый метод является более чувствительным.

Другой новый метод – фазово-плоскостной. Основан на анализе фазового портрета сигнала. Он уступает по чувствительности вейвлет-анализу, но обладает большой наглядностью и позволяет наблюдать динамику объекта. Фазово-плоскостной метод основан на комплексном представлении колебаний. Согласно комплексной теории колебаний, сигнал можно представить как вращающийся вектор. Конец вектора описывает фазовый портрет. Форма и размер портрета характеризует состояние объекта.

Таким образом, НИИ АЭМ накоплен опыт оценки технического состояния и определения дефектов оборудования энергоблоков АЭС с использованием как известных средств и методов технической диагностики, так и с внедрением новых методов диагностирования, которые отличаются информативностью, чувствительностью и наглядностью. В результате достигается поддержание эксплуатационной безопасности и функциональной пригодности оборудования энергоблоков АЭС, оптимизация сроков ремонта и сокращение затрат на его проведение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пугачева, О.Ю. и др. Информационное обеспечение ремонтных технологий тепломеханического оборудования АЭС [Текст] / О.Ю. Пугачева, Н.Н. Подрезов, В.Н. Никифоров // Современные технологии, оборудование, техническое оснащение и подготовка персонала для ремонтных работ в атомной энергетике : материалы конференции. – Нововоронеж, 2013. – С. 87–90.
2. Василенко, С.В. и др. Методическое обеспечение процесса диагностики вращающихся электроприводных механизмов [Текст] / С.В. Василенко, Ю.Н. Елзов, В.Н. Никифоров, О.Ю. Пугачева // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2014. – №4. – С. 33–36.
3. Абидова, Е.А. и др. Идентификация диагностической информации при оценке технического состояния электроприводной арматуры АЭС [Текст] / Е.А. Абидова, В.А. Носенко, А.В. Чернов, О.Ю. Пугачёва // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2012. – Т. 6– №6. – С. 90–93.
4. Слепов, М.Т. и др. Технологии анализа диагностических параметров электроприводной арматуры на действующих энергоблоках Нововоронежской АЭС [Текст] / М.Т. Слепов, Е.А. Абидова, В.Н. Никифоров, О.Ю. Пугачева // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2014. - №4 – С. 16–22.

REFERENCES

- [1] Pugacheva O.Yu., Podrezov N.N., Nikiforov V.N. Informacionnoe obespechenie remontnyh tehnologij teplomexanicheskogo oborudovaniya AES [Information support of repair technologies of the heatmechanical equipment of the NPP]. *Sovremennye tehnologii, oborudovanie, texnicheskoe*

- osnashhenie i podgotovka personala dlya remontnyh rabot v atomnoj energetike : materialy konferencii [Modern technologies, the equipment, hardware and preparation of the personnel for repair work in nuclear power: conference materials]. Novovoronezh, 2013, p. 87–90 (in Russian)
- [2] Vasilenko S.V., Elzhov Yu.N., Nikiforov V.N., Pugacheva O.Yu. Metodicheskoe obespechenie processa diagnostiki vrashhayushhihsya elektroprivodnyh mexanizmov [Methodical ensuring process of diagnostics of the rotating electrodriving mechanisms]. Elektrotexnicheskie komplekсы i sistemy upravleniya [Electrotechnical complexes and control systems], 2014, №4, ISSN 1990-5246, p. 33–36. (in Russian)
- [3] Abidova E.A., Nosenko V.A., Chernov A.V., Pugachyova O.Yu. Identifikaciya diagnosticheskoy informacii pri ocenke tehniceskogo sostoyaniya elektroprivodnoj armatury AES [Identification of diagnostic information at an assessment of technical condition of electrodriving fittings of the NPP]. Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [News of the Volgograd state technical university], 2012, Vol. 6, №6, ISSN 1990-5297 p. 90 – 93. (in Russian)
- [4] Slepov M.T., Abidova E.A., Nikiforov V.N., Pugacheva O.Yu. Teknologii analiza diagnosticheskikh parametrov elektroprivodnoj armatury na dejstvuyushhih energoblokah Novovoronezhskoj AES [Technologies of the analysis of diagnostic parameters of electrodriving fittings on the operating power units of the New Voronezh NPP]. Elektrotexnicheskie komplekсы i sistemy upravleniya [Electrotechnical complexes and control systems.], 2014, №4, ISSN 1990-5246, p. 16–22. (in Russian)

Purposes and Tasks of the NPP Equipment Diagnostic Monitoring Organization

**O.Yu. Pugacheva, V.N. Nikiforov, E.A. Abidova, P.V. Sinelshnikov, R.G. Babenko,
D.V. Sirotin, Yu.N. Elzhov**

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
73/94 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360
e-mail: nii_energomash@mail.ru*

Abstract - Questions of maintenance of operational safety and functional suitability of the NPP power units equipment, repair terms optimization and cost reduction of its carrying out at the expense of the diagnostic monitoring organization of the NPP equipment are considered in work.

Keywords: electrodriving fittings, diagnostic passport, database.