

РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСОМ (СТАРЕНИЕМ) РУ ВВЭР-1000\1200

В.А.Пиминов, В.П.Семишкин

Управление ресурсом (УР) (старением) компонентов РУ ВВЭР должно осуществляться с целью сохранения и выполнения функций безопасности на всех этапах жизненного цикла в соответствии с NS-G-2.12 и НП-096-15: при проектировании, изготовлении, монтаже, эксплуатации, продлении эксплуатации и выводе из эксплуатации. УР осуществляется для компонентов теплотехнического оборудования и трубопроводов классов безопасности 1, 2, 3. Компоненты 3-его класса безопасности подвергаются управлению ресурсом выборочно, в основном, по экономическим соображениям. Методология управления ресурсом разрабатывается на этапе проектирования и основывается на результатах детерминистских расчётов прочности, надёжности и безопасности. Вероятностные анализы разрушения компонентов, вероятностные анализы безопасности и риск-ориентированные подходы играют вспомогательную роль, необходимую для экспертного заключения о качестве принимаемых решений и поиска оптимальных решений по техобслуживанию (ТО). Методология входит в перечень конструкторской документации, т.е. в ведомость проекта.

В методологии устанавливаются ресурсные характеристики РУ, формулируются стратегия и алгоритмы управления ресурсом. В методологии обобщается опыт проектирования и эксплуатации РУ АЭС, что служит основой для разработки программ управления ресурсом (старением) на всех последующих этапах жизненного цикла. На основе методологии выполняется экспертиза текущего состояния управления ресурсом и разрабатываются требования к периодическим обзорам и отчетам. В основу УР (старением) РУ положен принцип сохранения работоспособности компонентов, важных для безопасности, посредством комплекса организационных и технических мер по контролю и уменьшению негативных процессов в компонентах таких, как различные виды деградации материалов, в том числе повреждения и отказы.

Общее количество механических систем, элементов и компонентов РУ весьма велико, но их значение для процессов старения и исчерпания ресурса существенно не одинаково. Отсюда следует необходимость на этапе проектирования проводить селекцию систем, элементов и компонентов, наиболее подверженных старению, ресурс которых лимитируется временем. Подходы к УР существенно отличаются для активных и пассивных элементов, предполагает их разделение (рисунок 1).

В методологии показывается, что все основные операции по УР (старением) РУ должны быть автоматизированы. Структурирование объектов УР проводится на основе системного подхода к анализу данных. В самом общем виде структурная схема УР может быть представлена в виде информационной системы управления ресурсом (ИСУР), состоящей из трёх уровней (рисунок 2), включающих анализы состояния компонентов и оценку их текущего и остаточного ресурса. Между информационными уровнями и соответствующими базами данных устанавливаются информационные потоки. На уровне I (верхнем) выполняются общие функции управления, а именно, планирование, экспертиза, анализ, документирование, принятие решений и рекомендаций. Уровню II присущи функции управления по мониторингу рабочих параметров РУ и критических компонентов на основе системы контроля управления и диагностики (СКУД), в том числе системы контроля остаточного ресурса (САКОР). Там же частично осуществляется текущий анализ результатов

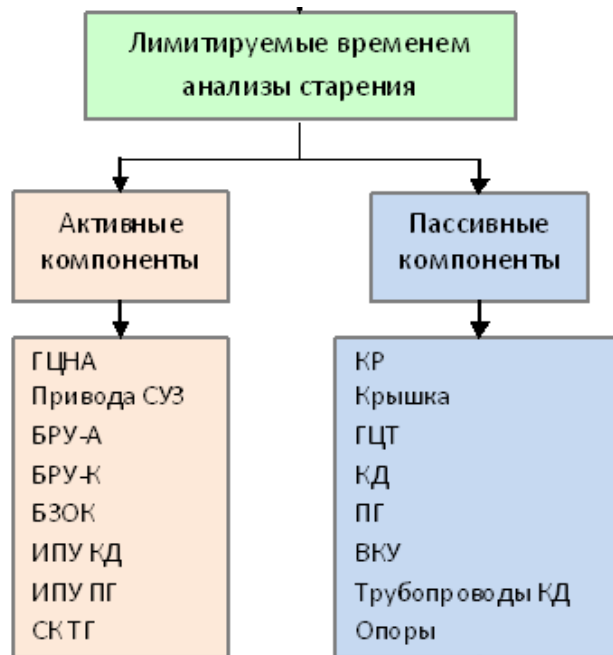


Рис. 1. Активные и пассивные элементы РУ ВВЭР-1000/1200



Рис. 2. Схема информационной системы управления ресурсом ИСУР

Уровень III соответствует функциям техобслуживания и ремонта (ТОиР), а именно, осмотру, освидетельствованию, испытанию и неразрушающему контролю (НК). Уровни II и III, обеспечивая специфические формы управления, являются подчиненными уровню I, на котором осуществляется основное управление. Информация о дефектах в основном металле, сварных соединениях и наплавках собирается, систематизируется, классифицируется и частично анализируется с помощью информационно-аналитической системы по

эксплуатационному неразрушающему контролю металла оборудования и трубопроводов АЭС (ИАС ЭНК МОиТ).

Каждому уровню управления ресурсом соответствует база данных и соответствующие суббазы. На уровне I база данных 1 содержит сведения из проектной документации, необходимые для принятия решений по управлению старением КСК. В этой базе данных должно содержаться описание механизмов деградации и критериев прочности. База данных 2 уровня II должна содержать данные СКУД, в том числе результаты, накапливаемые САКОР. База данных 3 третьего уровня содержит результаты ТО, включая ИАС ЭНК МОиТ

Для активных компонентов наиболее распространенными механизмами физического старения являются повышенная вибрация, течь из разъема, износ, заклинивание, прогрессирующее формоизменение и т.д. Работоспособность и ресурс активных компонентов определяется количественным анализом надёжности, например, γ -процентным ресурсом. В основу оценки надёжности активных компонентов положены стендовые испытания и испытания при пуско-наладочных работах. При эксплуатации используются натурные испытания в ТО и применяется концепция ремонта в зависимости от его технического состояния (индекса технического состояния) и оценки риска отказа.

Механизмы физического старения, которые выявлены в пассивных компонентах РУ с ВВЭР и рассмотрены в отчетах (расчетах) АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», а также в научных публикациях, можно разделить на три основные группы:

1. Собственно старение материала, которое ещё называют деградацией вследствие старения, косвенно влияющее на ресурс.
2. Повреждение, имеющее механический характер и оказывающее прямое влияние на ресурс.
3. Смешанный процесс старения и повреждения в результате физического, химического и механического воздействий; оказывает прямое влияние на ресурс.

Математическое детерминистское описание процессов старения пассивных компонентов, как процессов деградации, в единой форме необходимо для информационного управления ресурсом. Всем механизмам старения соответствуют функции деградации свойств и характеристик материалов компонентов. Для их описания применяются три основных подхода: физический, эмпирический и феноменологический, а также полуэмпирический подход.

Прогнозирование ресурса компонентов, имеющего случайный характер процесса старения, распространяется на компоненты, для которых характерны неполнота математических моделей, флуктуация параметров нагружения, погрешностей контроля параметров эксплуатации и характеристик старения, в том числе результатов НК. Прогнозирование остаточного ресурса компонента выполняется с использованием, например, линейного стохастического фильтра.

Для повышения эффективности и оперативности управления ресурсом и осуществления обратных связей в методологии предлагается информационная (цифровая) система ИСУР, основанная на математическом описании процессов старения, введении в УР функции управления ресурсом и использовании функционального анализа для операций с нечеткими множествами.