

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО УПРАВЛЕНИЮ СТАРЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ АЭС УКРАИНЫ

Е. С. Агейкина<sup>2</sup>, Н. С. Зарицкий<sup>1</sup>, Ю. Л. Коврижкин<sup>1</sup>, В. И. Скалозубов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НАЭК «Энергоатом», Киев

<sup>2</sup>НПП «Энергоатом», Одесса

Представлены основные положения и мероприятия по управлению старением и назначенным сроком службы элементов АЭС на основе информации о состоянии элементов энергоблока, их деградации вследствие старения и влияние этой деградации на работоспособность элементов энергоблока.

### Введение

Целью проведения работ по управлению старением элементов энергоблока АЭС является обеспечение требуемого уровня безопасности на протяжении срока эксплуатации энергоблока (в том числе сверхпроектного), а также достижение максимальной эффективности его эксплуатации путем организации выполнения мероприятий, направленных на своевременное обнаружение и поддержание в приемлемых пределах деградации, вызванной старением элементов, для гарантии уверенности в их целостности и работоспособности [1]. Результатом такой деятельности является разработка и внедрение технически и экономически целесообразных мероприятий, направленных на предупреждение отказов элементов энергоблока АЭС по причинам, вызванным процессами старения, происходящими в этих элементах.

Общая методология управления старением должна соответствовать рекомендациям МАГАТЭ. Управление старением должно быть организовано как систематический процесс, который адаптирует цикл Деминга (Deming) “планирование – осуществление – проверка – действие” к управлению старением элементов энергоблока (рис. 1).

Управление старением элементов энергоблока основывается на следующих основных работах [1]:

- разработке станционных программ управления старением элементов энергоблока;
- разработке перечня элементов энергоблока, которые подлежат управлению старением;
- оценке технического состояния элементов энергоблока;
- выявлении и изучении процессов старения элементов энергоблока;
- переназначении ресурса элементов энергоблока;
- разработке и внедрении мер по смягчению процессов старения;
- разработке и внедрении мониторинга процессов старения элементов энергоблока;
- поддержании надежности элементов в соответствии с требованиями технической документации;
- сравнении затрат на снятие элементов с эксплуатации и замену их на новые с затратами на продление эксплуатации;
- своевременной замене элементов блока, исчерпавших свой ресурс;
- проведении квалификации элементов;
- документировании и создании эффективной информационной системы управления старением элементов энергоблока.

По результатам оценки технического состояния элементов энергоблока управление старением должно предусматривать разработку соответствующих мер по смягчению и приостановлению процессов старения, которые должны реализовываться в рамках:

- технического обслуживания и ремонта;
- реконструкции (модернизации);

Систематический процесс управления старением  
ПЛАНИРОВАНИЕ

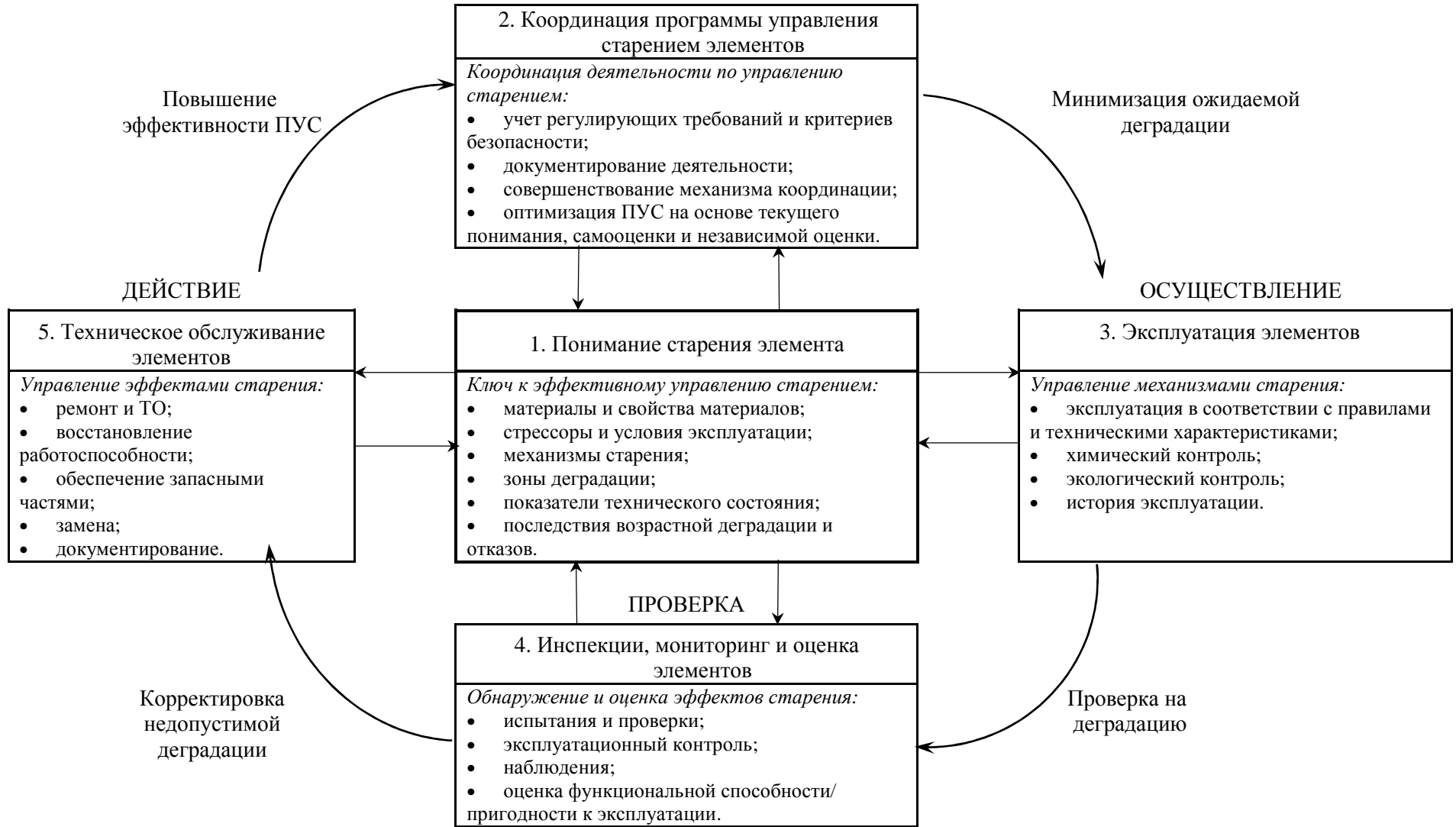


Рис. 1

замены элементов или комплектуемых;  
изменения условий и режимов эксплуатации.

Наличие полной информации об элементах (системах) энергоблока АЭС, их деградации вследствие старения и влиянии этой деградации на работоспособность элементов (систем) - основа и необходимое условие для системного управления старением. Информация должна включать проектные данные (включая нормативные и регулирующие требования), данные по конструированию и изготовлению (включая свойства примененных материалов и требуемые условия эксплуатации), данные по истории эксплуатации и технического обслуживания, результаты контроля и научно-исследовательских работ.

Эффективность применяемых методов и средств контроля технического состояния элементов энергоблока должна быть достаточна для идентификации и своевременного обнаружения их деградации.

Безопасность должна быть основным фактором, определяющим принимаемые решения и объемы выполняемых работ по управлению старением элементов энергоблока АЭС. В зависимости от степени влияния элементов на безопасность должны применяться различные требования к:

- объему, способам и методикам проводимой оценки технического состояния элементов энергоблока АЭС;
- прогнозированию надежности элементов;
- методам выявления деградации и установления механизмов старения элементов;
- разработке мероприятий по подавлению процессов старения;
- обоснованию необходимости проведения замены, модернизации или ремонта элементов.

Программа управления старением (ПУС) АЭС должна увязываться с выполняемой в ОП АЭС деятельностью по техническому обслуживанию и ремонту, эксплуатации, квалификации оборудования, а также выполнению специальных программ на конкретных системах (элементах), максимально используя получаемые в результате этой деятельности данные. В то же время данные, получаемые в процессе управления старением конкретных элементов энергоблока, должны быть применены для оптимизации процедур по их техническому обслуживанию, ремонту и мониторингу в процессе эксплуатации, а также для обоснования безопасности при продлении срока службы энергоблока.

Управление старением элементов, должно проводиться согласно требованиям типовой ПУС [1]. Номенклатура элементов должна быть определена в «Перечне элементов, подлежащих управлению старением».

Оценка технического состояния и переназначение ресурса критических элементов осуществляется в соответствии с типовыми программами, для остальных элементов энергоблока - в рамках технического обслуживания и ремонта.

Перечень критических элементов составляется в соответствии с требованиями типовой ПУС для каждого энергоблока АЭС.

По результатам оценки технического состояния элементов энергоблока должны быть определены:

- перечень составных частей элементов, которые планируется заменить в связи с исчерпанием ресурса, и работы по их замене;
- перечень элементов, подлежащих управлению старением;
- показатели надежности элементов, для которых изначально не были установлены в заводской (конструкторской) документации.

На основании выполненных оценок технического состояния элементов составляются заключения об их техническом состоянии.

На энергоблоке должен осуществляться постоянный мониторинг процессов старения, технического состояния, а также проводиться периодическая их оценка с целью определения эффективности управления старением и переназначения ресурса элементов энергоблока.

Наличие полной и всесторонней информации о состоянии элементов энергоблока, их деградации вследствие старения и влияние этой деградации на работоспособность элементов энергоблока является основным и необходимым условием для систематического процесса управления старением. Такая информация должна включать проектно-конструкторские и заводские данные, результаты испытаний и измерений, а также сведения о состоянии эксплуатации, техническом обслуживании и ремонтах.

Данные ПУС должны также использоваться для оптимизации ремонта и технического обслуживания элементов, реализации программ их модернизации и реконструкции, для разработки соответствующих эксплуатационных процедур, программ испытаний и измерений.

Управление старением и назначенным сроком службы (НСС) элементов АЭС предполагает разработку и реализацию организационно-технических мероприятий, направленных на уменьшение процессов износа и старения для увеличения остаточного ресурса.

Компенсирующие мероприятия по управлению старением и НСС элементов АЭС (в том числе по замене и модернизации) можно условно разделить на две группы:

мероприятия по управлению процессами старения и деградации;

мероприятия по переназначению недостаточно обоснованных и/или избыточно консервативных проектных требований к критериям оценки и определяющим параметрам технического состояния и остаточного ресурса.

При разработке компенсирующих мероприятий первой условно выделенной группы по управлению старением элементов АЭС необходимо учитывать, что в процессе эксплуатации все системы и элементы АЭС подвержены деградации, т.е. быстрому или постепенному ухудшению характеристик, которое может снизить их способность к функционированию в проектных пределах. Деградация приводит к повреждениям или отказам элементов, что в конечном итоге может ограничить их ресурс. В широком смысле старение элементов может быть как "физическим", так и "моральным". Под термином "старение" целесообразно понимать общий процесс, при котором характеристики систем или элементов постепенно изменяются со временем. Обычно различают следующие виды старения:

*естественное старение* – старение элементов, которое происходит в предэксплуатационных и эксплуатационных условиях, включая условия, вызванные ошибкой персонала;

*нормальное старение* – естественное старение элементов, обусловленное безошибочными предэксплуатационными или эксплуатационными условиями;

*искусственное старение* – моделирование эффектов естественного старения элементов путем использования стрессоров, которые имитируют предэксплуатационные и эксплуатационные условия;

*преждевременное старение* – эффекты старения элементов, возникающие ранее, чем ожидалось, из-за ошибок или предэксплуатационных, или эксплуатационных условий, в явном виде не учтенных в проекте;

*ускоренное старение* – искусственное старение, при котором имитация естественного старения приближает в короткое время эффекты старения от более продолжительных условий работы.

Старение элементов происходит в результате действия эксплуатационных условий, которые включают как внешние условия (химические и физические факторы, которые влияют на свойства материалов, например температура, среда и т.д.), так и функциональные условия (нагрузки в процессе эксплуатации и испытаний, вибрация и т.д.).

Эксплуатационные условия создают стрессоры. Понятие "стрессор" является очень важным в методологии управления старением АЭС. Согласно [2, 3] стрессор – это побудительный фактор, вызванный предэксплуатационными или эксплуатационными условиями и который может привести к быстрой деградации элемента или деградации, обуслов-

ленной старением. Примерами стрессоров являются давление, температура, радиационное излучение, влажность, химические реактивы, вибрация, сейсмическое воздействие, электрическая и механическая цикличность. Стрессоры условно разделяют на следующие типы:

*обычные стрессоры* – происходят при нормальных условиях эксплуатации и обуславливают естественные эффекты и механизмы старения элементов;

*стрессоры, обусловленные ошибкой*, – происходят из условий, созданных ошибкой персонала, которые могут привести к быстрой или постепенной деградации, обусловленной старением (сверх обычных стрессоров);

*стрессоры, обусловленные проектным событием*, – происходят при проектных событиях и могут привести к быстрой или постепенной деградации, обусловленной старением (сверх обычных стрессоров).

В результате воздействия стрессоров в материалах элементов инициируются различные физические, химические и прочие процессы на микро- или макроскопическом уровне. Поэтому механизм старения – это процесс, который постепенно меняет характеристики элементов во времени или в результате использования по назначению. Типичными примерами механизмов старения являются износ, усталость, ползучесть, эрозия, микробиологическое засорение, коррозия, охрупчивание, химические или биологические реакции и др.

Механизмы старения можно классифицировать на следующие категории:

механизмы старения, влияющие на внутреннюю микроструктуру или химический состав материалов и изменяющие присущие им свойства (тепловое старение, ползучесть, радиационное охрупчивание);

механизмы старения, вызывающие физические повреждения элементов либо за счет потери материала (коррозия, износ), либо за счет растрескивания или деформирования (коррозия под напряжением, релаксация напряжений).

Последствиями воздействия механизмов старения на элементы являются эффекты старения – результирующие изменения характеристик элементов, которые произошли со временем в процессе эксплуатации и обусловлены соответствующими механизмами старения.

При наличии нескольких стрессоров возникают одновременные эффекты старения – комбинированный результат одновременного действия стрессоров. В таких случаях обычно различают следующие типы эффектов старения [2]:

*комбинированные эффекты* – результирующие изменения характеристик элемента, вызванные двумя или более стрессорами;

*синергические эффекты* – доля изменений характеристик элемента, обусловленных взаимодействием одновременно действующих стрессоров, в отличие от тех изменений, которые обусловлены наложением независимых действий каждого из них.

### **Основные выводы**

Основные этапы управления старением следующие:

оценка технического состояния и остаточного ресурса элементов энергоблока;  
разработка перечня элементов энергоблока, которые подлежат управлению старением;

разработка и внедрение компенсирующих мероприятий процессов старения;  
разработка и внедрение мониторинга процессов старения элементов энергоблока;  
документирование и создание эффективной информационной системы управления старением элементов энергоблока.

При этом основными задачами управления старением являются обеспечение работоспособности элементов АЭС (включая в сверх назначенный проектом срок службы) и исключение возможности непрогнозируемых и неконтролируемых процессов деградации/

старения критических элементов, ограничивающих общий допустимый срок эксплуатации энергоблока.

На рис. 2 схематически показаны стрессоры, основные механизмы и эффекты старения для тепломеханического оборудования АЭС [6].

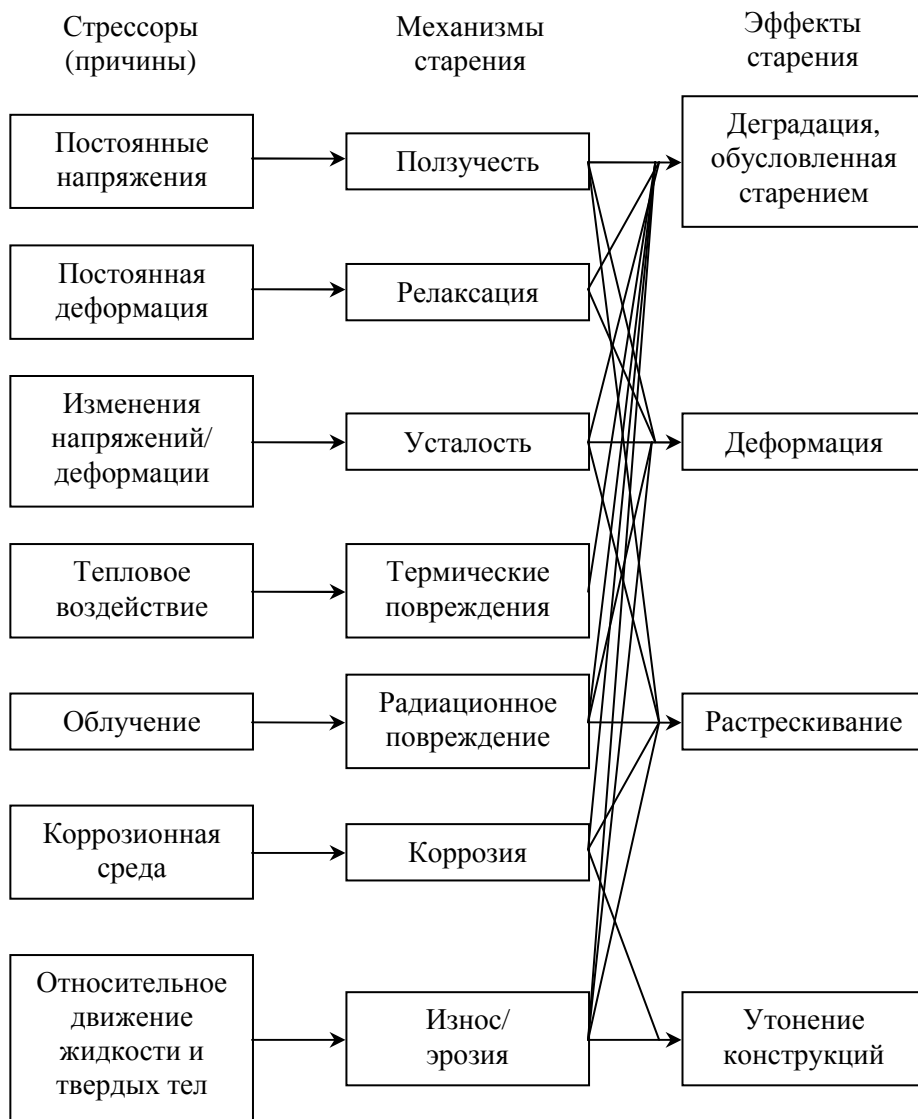


Рис. 2

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПМ-Д.008.222-04. Типовая программа по управлению старением элементов блока АЭС.
2. Common Aging Terminology // Electric Power Research Institute (EPRI). – 1993. – 18 p.
3. Tiunin B.N., Zrelkin A.A. Assessment of NPP Operational Events due to Valves Failures and Major Areas of the Program to Improve NPP Valves // Proceeding of the Joint Specialist Meeting on Motor Operated Valve Issues in Nuclear Power Plants. – Paris (France). – April 25 – 27, 1994. – P. 413 – 439.
4. AMAT guidelines // IAEA Services Series № 4. – Vienna: IAEA, 1999.

Поступила в редакцию 15.01.07

## **10 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ПО КЕРУВАННЮ СТАРІННЯМ ЕЛЕМЕНТІВ АЕС УКРАЇНИ**

**К. С. Агейкіна, Н. С. Зарицький, Ю. Л. Коврижкін, В. І. Скалозубов**

Представлено основні положення й заходи щодо керування старінням і призначеним терміном служби елементів АЕС на основі інформації про стан елементів енергоблока, їхньої деградації внаслідок старіння та впливу цієї деградації на працездатність елементів енергоблока.

## **10 SUBSTANTIVE PROVISIONS ON MANAGEMENT OF AGEING OF ELEMENTS OF THE ATOMIC POWER STATION OF UKRAINE**

**E. S. Ageykina, N. S. Zaritsky, Yu. L. Kovrizhkin, V. I. Skalozubov**

In work substantive provisions and actions on management of ageing and the appointed service life of elements of the atomic power station are submitted on the basis of the information on a condition of elements of the power unit, their degradation owing to ageing and influence of this degradation on serviceability of elements of the power unit.