

А-й П. Шугайло, А-р П. Шугайло, Д. И. Рыжов, В. Б. Крицкий, С. В. Романов, А. М. Колупаев

Государственный научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности, г. Киев, Украина

## Рекомендации по совершенствованию национальной нормативной базы в части продления срока эксплуатации и управления старением энергоблоков АЭС Украины

*Анализ и оценка нормативной базы на предмет ее полноты и достаточности, учета рекомендаций МАГАТЭ, национального и международного опыта и практики выполняются в Украине на постоянной основе. Результаты анализа учитываются при пересмотре или разработке новых нормативных документов. В данной работе представлены обобщенные результаты анализа состояния нормативной базы в части продления срока эксплуатации и управления старением энергоблоков АЭС Украины, а также сформулированы отдельные рекомендации о путях ее доработки.*

*Ключевые слова:* АЭС, продление срока эксплуатации, управление старением, оценка технического состояния.

**О-й П. Шугайло, О-р П. Шугайло, Д. І. Рижов, В. Б. Крицький, С. В. Романов, А. М. Колупаєв**

### Рекомендації щодо удосконалення національної нормативної бази в частині продовження строку експлуатації та управління старінням енергоблоків АЕС України

*Аналіз і оцінка нормативної бази на предмет її повноти та достаточності, врахування рекомендацій МАГАТЕ, національного та міжнародного досвіду і практики виконуються в Україні на постійній основі. Результати аналізу враховуються в процесі перегляду або розробки нових нормативних документів. У цій роботі представлено узагальнені результати аналізу стану нормативної бази в частині продовження строку експлуатації та управління старінням енергоблоків АЕС України, а також сформульовано окремі рекомендації щодо її доопрацювання.*

*Ключові слова:* АЕС, продовження строку експлуатації, управління старінням, оцінка технічного стану.

© А-й П. Шугайло, А-р П. Шугайло, Д. И. Рыжов, В. Б. Крицкий, С. В. Романов, А. М. Колупаев, 2013

Обобщенный анализ нормативной документации по организации работ, касающихся оценки технического состояния (ОТС) и продления срока эксплуатации (ПСЭ), а также управления старением энергоблоков АЭС, с формированием рекомендаций о путях ее доработки, выполнен ГНТЦ ЯРБ на основании поручения Координационного совета по подготовке серийных энергоблоков ВВЭР-1000 с реакторной установкой В-320 к продлению эксплуатации в сверхпроектный период [1].

Основой для проведения данного анализа и формирования рекомендаций по усовершенствованию нормативной базы является накопленный ГНТЦ ЯРБ опыт выполнения государственных экспертиз представленных эксплуатирующей организацией документов обоснований ядерной и радиационной безопасности, направленных на продление срока эксплуатации и управление старением сооружений, систем и компонентов АЭС.

При проведении анализа и формировании рекомендаций учтены документы МАГАТЭ в части аспектов продления срока эксплуатации и управления старением, а также рекомендации европейских экспертов по улучшению нормативной базы Украины, полученные в рамках реализации международных проектов, ориентированных на оказание поддержки Госатомрегулированию Украины.

В рамках данной работы выполнены:

анализ существующей в Украине нормативной базы, устанавливающей требования к оценке технического состояния (ОТС), продлению срока эксплуатации (ПСЭ) и управлению старением сооружений, систем и компонентов АЭС;

анализ действующих типовых программ на предмет полноты рассматриваемых в них элементов;

анализ полноты и достаточности требований типовых программ по ОТС и ПСЭ с учетом опыта выполненных экспертиз;

разработка рекомендаций по усовершенствованию документации эксплуатирующей организации (ЭО) по ОТС и ПСЭ элементов энергоблока АЭС.

Ниже приведены основные результаты выполненного анализа, более подробное описание работ представлено в отчете ГНТЦ ЯРБ [2].

### 1 Общее описание структуры нормативных документов

Одним из основных принципов нормативно-правового регулирования в Украине является системно-иерархический подход при разработке и пересмотре нормативных документов. На практике этот принцип реализуется построением иерархической пирамиды нормативных документов по ЯРБ, которая включает в себя документы нескольких уровней.

На сегодняшний день существующая в Украине иерархическая пирамида нормативно-правовых актов в сфере ядерной и радиационной безопасности (далее — иерархическая пирамида) является результатом применения жесткого регламентирующего подхода, принятого в бывшем СССР, в некоторых аспектах откорректированного западными подходами к нормативному регулированию.

Концепция нормативного регулирования ядерной и радиационной безопасности в СССР предусматривала разработку нормативно-правовых актов, содержащих очень детальные технические требования и критерии. Преимущество такого подхода заключается в четкости и однозначности,

но избыточная детализация на уровне норм, правил и стандартов приводит к росту общего количества таких нормативно-правовых актов и объема информации, представленному в них, что усложняет процесс нормативного регулирования. Кроме того, слишком детализированные технические требования вызывают необходимость частого пересмотра соответствующих нормативно-правовых актов (или оформления отдельных изменений и отступлений от них) в случае изменения технологий, что очень характерно для нормативных актов, регулирующих безопасность ядерных установок.

Существующая в настоящее время в Украине иерархическая пирамида нормативных документов для объекта регулирования «Регулирование безопасности ядерных установок на всех этапах жизненного цикла» схематически изображена на рис. 1.

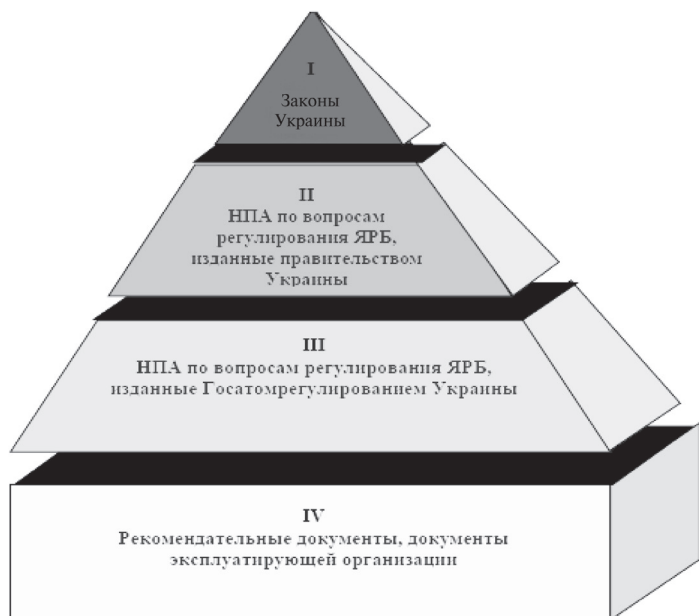


Рис. 1. Иерархическая пирамида законодательно-правовой базы по ЯРБ

При проведении анализа документации по организации работ по ПСЭ, ОТС и управлению старением (УС) внимание сосредоточено на документах, принадлежащих уровням III и IV иерархической пирамиды.

## 2 Результаты анализа существующей в Украине нормативной базы, устанавливающей требования к ОТС, ПСЭ и управлению старением сооружений, систем и компонентов АЭС

Отметим, что анализ и оценка существующей нормативной базы по ПСЭ, ОТС и УС на предмет ее полноты и достаточности, а также степени учета рекомендаций МАГАТЭ, существующего международного опыта и практики выполняется на постоянной основе.

Один из таких анализов выполнялся в рамках международного проекта «TACIS U3.01/06 (UK/TS/38). Надання підтримки Державному комітету ядерного регулювання України в оцінці впровадження заходів з підвищення безпеки та програм управління старінням на блоках АЕС» [3]

(Задача 1). Результаты данного анализа отражены в отчете [4], разработанном RISKAUDIT International IRSN/GRS совместно с ГНТЦ ЯРБ.

В рамках международного проекта TACIS U3.01/06 (UK/TS/38) [3] проанализированы следующие нормативные документы: НП 306.2.141 [5]; НП 306.2.099 [6]; ПНАЭ Г-7-008 [7]; СОУ-Н ЯЕК 1.0004 [8]; ПМ-Д.0.08.222-06 (далее — Типовая ПУС) [9].

Общий вывод, сделанный экспертами RISKAUDIT в рамках анализа, выполненного по проекту TACIS U3.01/06 (UK/TS/38) [3], свидетельствует о следующем: «Существующие в Украине нормативно-правовые акты и регулирующие требования, регламентирующие вопросы и условия продления срока эксплуатации энергоблоков АЭС, в целом являются достаточными для целей продления эксплуатации. Эти требования разработаны с учетом рекомендаций МАГАТЭ, учитывают современный международный опыт и практику в аспектах долгосрочной эксплуатации и управления старением сооружений, систем и элементов, *однако их усовершенствование и дальнейшее развитие должно продолжаться...*» в частности с учетом рекомендаций МАГАТЭ, а также лучшего мирового опыта и практики.

Основные рекомендации экспертов RISKAUDIT, сформированные по результатам анализа (детальные комментарии и рекомендации представлены в [4]):

1. Пересмотреть цели и объем Отчета по периодической переоценке безопасности (регламентируется **НП 306.2.099** и **СОУ-Н ЯЕК 1.004:2007**) для того, чтобы четко обозначить роль программ контроля металла и технического обслуживания и ремонта (как штатных, так и дополнительных) при продлении срока эксплуатации.

2. Конкретизировать общую часть **НП 306.2.099** в ключе изложения общей концепции, целей безопасности и взаимосвязи между ключевыми элементами процесса долгосрочной эксплуатации (ДСЭ).

Общая концепция, в частности, должна включать следующие аспекты:

демонстрацию того, что влияние старения сооружений, систем и компонентов (ССК) на общий риск и безопасность АЭС приемлемо и будет оставаться в приемлемых пределах до конца срока продленной эксплуатации;

важность изучения и анализа процессов старения (деградация, которая зависит от времени) при проведении оценки безопасности;

определение задач каждого этапа ДСЭ с точки зрения безопасности;

взаимосвязь между элементами, которые входят в ДСЭ (оценка технического состояния, управление старением, периодические проверки и испытания, эксплуатационный контроль, техническое обслуживание и ремонт, квалификация оборудования и др.).

3. Дополнить **НП 306.2.099**, **СОУ-Н ЯЕК 1.004** и **ПМ-Д.0.08.222-06** требованиями относительно выполнения ограниченного временем анализа старения (TLAA — Time Limited Ageing Analysis); продемонстрировать наличие достаточного запаса прочности и обосновать, что этот запас не будет исчерпан за период ДСЭ.

4. Дополнить **НП 306.2.099** и **СОУ-Н ЯЕК 1.004** требованиями по определению «критических элементов» и методологии их выбора, чтобы установить связи «механизм старения — тип отказа — эффективность программы контроля — влияние на элемент/производительность системы — влияние на общую безопасность энергоблока».

### 3 Анализ действующих типовых программ на предмет полноты рассматриваемых в них элементов

Результаты анализа, изложенные в Отчете ГНТЦ ЯРБ [2], в части оценки достаточности существующих типовых программ на предмет полноты охвата оборудования, трубопроводов, зданий и сооружений свидетельствуют о том, что не все элементы охвачены типовыми программами ОТС и ПСЭ; в частности, отсутствуют и должны быть разработаны типовые программы для таких элементов (однако не ограничиваясь ими, поскольку в данном случае указаны лишь примеры), как:

- реактор ВВЭР-1000 (корпус, верхний блок, ВКУ и опорные элементы реактора);
- главный циркуляционный насос (тепломеханическая и электрическая части);
- компенсатор давления;
- кран полярный кругового действия с опорными конструкциями и подкрановой балкой и др.

### 4 Анализ полноты и достаточности требований типовых программ по ОТС и ПСЭ (критических и некритических элементов) с учетом опыта выполненных экспертиз

В данном разделе на предмет полноты и достаточности требований проанализированы типовые программы [9–18]. Эти типовые программы могут быть условно разделены на две категории:

- тепломеханическое оборудование и трубопроводы; строительные конструкции, здания и сооружения.

При выполнении анализа и оценки типовых программ ОТС и ПСЭ внимание было сосредоточено на основных недостатках и проблемных аспектах. Проанализированные типовые программы не являются полным набором существующих документов, однако общая картина и общие недостатки очевидны даже в случае выборочного рассмотрения.

**Результаты анализа Типовой ПУС [9].** Типовая ПУС является основополагающим документом эксплуатирующей организации и устанавливает общие требования к организации и порядку проведения работ по управлению старением элементов на энергоблоках АЭС, а также определяет объем и последовательность работ по продлению срока эксплуатации. К основным недостаткам Типовой ПУС можно отнести именно то, что она объединяет, но практически не разграничивает эти аспекты.

Безусловно, вопросы управления старением и продления срока эксплуатации тесно связаны между собой. С одной стороны, управление старением, согласно положениям NS-G-2.12 [19], должно быть организовано как систематический процесс, реализуемый на протяжении всего срока эксплуатации. Процесс управления старением должен быть органично взаимосвязан с программами технического обслуживания и ремонта, эксплуатационными процедурами, квалификацией оборудования и другой деятельностью, которая позволяет обнаружить, понять, проконтролировать и смягчить эффекты старения в элементах. С другой стороны, согласно положениям SRS 57 [20], в рамках ПСЭ (далее процесс продления срока эксплуатации будет обозначаться как долгосрочная эксплуатация — ДСЭ) выполняются оценка текущего физического состояния АЭС, определение деградиационных эффектов старения, анализ

и оценка текущих станционных программ управления старением и разработка новых (при необходимости) и др. Другими словами, долгосрочная эксплуатация должна основываться на результатах уже реализуемого процесса управления старением, и это также свидетельствует о том, что вопросы управления старением и долгосрочной эксплуатации должны быть четко разграничены и отражены в отдельных документах.

В обоих случаях необходимо разработать перечень элементов, подлежащих управлению старением и долгосрочной эксплуатации. Анализ документов МАГАТЭ NS-G-2.12 [19] и SRS 57 [20] свидетельствует, что такой перечень фактически является единым как для управления старением, так и для долгосрочной эксплуатации, хотя содержит ряд принципиальных отличий. Выбор элементов для их включения в перечень должен основываться на определенных критериях. В Типовой ПУС критерии выбора элементов для их включения в перечень четко не обозначены. ГП НАЭК «Энергоатом» для уточнения подходов к формированию перечня разработана «Методика отбора элементов энергоблока АЭС для включения в программу управления старением. МТ-Т.0.03.303–12» [21], которая в настоящее время дорабатывается по результатам годичной апробации для уточнения критериев отбора элементов в перечень «критических элементов».

При пересмотре Типовой ПУС целесообразным представляется также уточнить (ввести) определения отдельных терминов и понятий, например таких широко используемых в МАГАТЭ, как долгосрочная эксплуатация (Long Term Operation), ограниченный временем анализ старения (так называемый Time limited Ageing Analysis — TLAA) и др.

В этом ключе, с целью гармонизации терминов и определений, согласно документам МАГАТЭ SRS 57 [20] и IAEA-EBP-SALTO [22], на замену понятиям «эксплуатация в сверхпроектный срок», «продление срока эксплуатации» может быть введено понятие «долгосрочная эксплуатация»<sup>1</sup>.

Необходимо также остановиться и на понятии «ограниченный временем анализ старения» (TLAA), который широко применяется за рубежом (в Европе и США) при обосновании возможности долгосрочной эксплуатации и фактически является набором прочностных расчетов (анализов/обоснований). С учетом изложенного можно предложить следующее определение TLAA: «*Ограниченный временем анализ старения — расчеты на прочность (анализ и/или обоснование безопасности), подтверждающие, что конструкция, компонент способны выполнять свои функции в течение всего периода долгосрочной эксплуатации с учетом текущего и прогнозного проявления эффектов старения*».

В общем виде TLAA — это комплекс аналитических работ, проведенных с учетом особенностей энергоблока и исходя из четко определенного отрезка времени — периода эксплуатации энергоблока или проектного срока службы. Примерами TLAA можно считать те расчеты и аналитические работы, которые:

рассматривают сооружения, системы и компоненты, запланированные к долгосрочной эксплуатации;

<sup>1</sup> Долгосрочная эксплуатация — эксплуатация в период, превышающий срок, установленный в проекте, стандартах, лицензии и/или в нормах и правилах. Возможность долгосрочной эксплуатации должна быть продемонстрирована в рамках переоценки безопасности с учетом процессов, влияющих на срок эксплуатации, и с учетом особенностей сооружений, систем и элементов. Определение взято из документов МАГАТЭ SRS 57 [20] и IAEA-EBP-SALTO [22].

учитывают эффекты старения;  
опираются на временные ограничения, приписанные текущим сроком эксплуатации;

признаны эксплуатирующей организацией действенными для проведения анализа безопасности согласно требованиям регулирующего органа;

содержат выводы (или служат основой для самостоятельных выводов) относительно способности системы, конструкции или компонента выполнять предусмотренные функции на протяжении запланированного периода ДСЭ;

содержатся (в частности в виде ссылок) в действующих условиях лицензии.

Проведенные анализы ТЛАА должны подтвердить достоверность не менее одного из указанных ниже утверждений:

результаты оценки остаются действительными на протяжении всего периода ДСЭ;

оценка проводится для состояния компонентов на момент окончания срока ДСЭ;

управление эффектами старения, которые влияют на выполнение предусмотренных функций, будет адекватным на протяжении всего срока ДСЭ.

В некоторых случаях (в зависимости от степени влияния компонента на безопасность) может возникнуть необходимость в повторном анализе процессов старения в полном объеме и установлении (уточнении в случае необходимости) границы безопасной эксплуатации.

Неточности в определении свойств материалов конструкций, компонентов и систем в рамках программы ДСЭ являются основной проблемой при подтверждении результатов ТЛАА.

Примеры наиболее распространенных ТЛАА:

радиационное охрупчивание материала корпуса реактора;

усталость металла (циклическая прочность);

анализ механики разрушения;

термическое старение;

потеря материала (утонение стенок трубопроводов вследствие эрозионного и коррозионного износа) и др.

Одним из важнейших аспектов, на который необходимо обратить внимание при пересмотре Типовой ПУС, является установление требований к обязательной разработке программ управления старением для так называемых критических элементов. Об эффективности такого подхода свидетельствует опыт США, частично описанный в отчете ГНТЦ ЯРБ [23] и отраженный в документах GALL<sup>2</sup>.

**Результаты анализа типовых программ, регламентирующих процедуру оценки технического состояния и продления сроков эксплуатации тепломеханического оборудования и трубопроводов.** Существующие в настоящее время типовые программы [10–16], регламентирующие процедуру оценки технического состояния и продления срока эксплуатации тепломеханического оборудования и трубопроводов, не в полной мере учитывают накопленный опыт эксплуатации в части работ по оценке технического состояния и продления срока эксплуатации тепломеханического оборудования и трубопроводов атомных электростанций (например, на энергоблоках №№ 1 и 2 Ривненской АЭС, №№ 1 и 2 Южно-Украинской АЭС, №№ 1 и 2 Запорожской АЭС), а также замечания

государственных экспертиз ЯРБ к соответствующим материалам обоснования ПСЭ и рабочим программам ОТС и ПСЭ, в частности к подобным программам, разработанным для ОТС и ПСЭ элементов энергоблоков №№ 1 и 2 Запорожской АЭС.

К недостаткам, присущим всем типовым программам, в части отсутствия учета опыта эксплуатации можно, прежде всего, отнести следующие:

1) недостаточность номенклатуры параметров технического состояния; в частности отсутствуют такие параметры, как количество циклов нагружения при нормальной эксплуатации (НЭ), нарушении нормальной эксплуатации (ННЭ), аварийной ситуации (АС) (текущее и прогнозное), накопленное усталостное повреждение (текущее и прогнозное);

2) отсутствие рекомендаций по прогнозированию изменения параметров технического состояния трубопроводов и критериям оценки параметров технического состояния;

3) отсутствие требований о необходимости установления и учета отступлений при изготовлении, монтаже, входном контроле, а также отступлений проектов ГЦТ и ГЗЗ от требований действующих в Украине нормативных документов.

В типовые программы должны быть включены четкие и однозначные требования относительно того, что при выполнении расчетов на прочность должны быть учтены выявленные отклонения;

4) недостаточность номенклатуры расчетов (например, в Типовой программе ПМ-Т.0.08.159–05 оценки технического состояния и переназначения ресурса/срока службы главных циркуляционных трубопроводов и главных запорных задвижек ядерных установок ВВЭР [11] отсутствует указание о взаимосвязи прочностных и теплогидравлических расчетов; данный аспект должен быть учтен при ее пересмотре).

Оценка ресурса безопасной эксплуатации трубопроводов ГЦК должна включать проведение всех необходимых теплогидравлических расчетов и расчетов на прочность. Целью теплогидравлических расчетов является получение граничных условий для прочностных расчетов элементов трубопроводов, необходимых для оценки срока безопасной эксплуатации их элементов в части анализа циклической прочности. При проведении расчетов на прочность элементов трубопроводов должны учитываться результаты анализа технической документации, в том числе установленные отклонения от проекта при их изготовлении, монтаже и входном контроле. Применение моделей, использованных в расчетах, должно быть детально обосновано с точки зрения их корректности, приемлемости и достоверности полученных результатов при решении поставленных задач с приемлемой погрешностью и др.

**Результаты анализа типовых программ, регламентирующих процедуру оценки технического состояния и продления сроков эксплуатации строительных конструкций, зданий и сооружений.** Типовые программы, регламентирующие процедуру ОТС и ПСЭ строительных конструкций, зданий и сооружений, в частности [16–18], также требуют пересмотра с учетом аспектов, выявленных при рассмотрении и анализе материалов обоснований продления срока эксплуатации зданий и сооружений.

К таким аспектам могут быть отнесены:

1) актуализация данных, в частности с учетом положений нормативных документов в области строительных

<sup>2</sup>Generic Aging Lesson Learned — Отчет по обобщению накопленных уроков старения.

норм и правил, которые введены в действие в течение последнего времени, например:

Не действующий НД	Действующий НД
СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах	ДБН В.1.1-12:2006. Будівництво в сейсмічних районах України
СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия	ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування
СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции	ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення
СНиП II-23-81*. Стальные конструкции	ДБН В.2.6-163:2010. Конструкції будинків і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу

2) установление более детализированных и конкретных требований к расчетным моделям конструкций и к случаям, в которых необходимо проведение поверочного расчета на прочность и несущую способность;

3) внесение требований о необходимости применения программных средств в соответствии с положениями «СТП 0.41.076-2008. Анализ и оценка безопасности. Порядок использования расчетных кодов для обоснования безопасности ядерных энергетических установок. Методические указания» [24] и др.

«Типовая программа оценки технического состояния и переназначения ресурса/срока службы системы герметичного ограждения локализирующих систем безопасности ВВЭР-1000: ПМ-Т.0.41.181-08» [18] перестала действовать с января 2013 г. и подлежит пересмотру. Типовую программу [18] целесообразно рассматривать и пересматривать совместно с «Методикой определения текущего состояния систем герметичного ограждения локализирующих систем безопасности энергоблоков ВВЭР-1000 АЭС Украины и оценки остаточного срока их эксплуатации: МТ-Т.0.03.171-05» [26], поскольку описанные ниже недостатки одинаково справедливы для обоих указанных выше документов. При пересмотре Методики [26] и Типовой программы [18] в их состав необходимо включить следующую информацию:

1) по объемам и зонам проведения контроля технического состояния конструкций и элементов системы герметичного соединения локализирующих систем безопасности (СГО ЛСБ) (в частности отсутствуют графические схемы), а также требованиям к проведению оценки технического состояния недоступных для обследования конструкций и элементов СГО ЛСБ;

2) перечню (уточненному) для групп элементов ЛСБ всех возможных и существенных (которые должны приниматься к рассмотрению и анализу) механизмов деградации (проявления старения) с указаниями об их возможном или выявленном месторасположении;

3) перечню параметров технического состояния для каждой группы элементов ЛСБ СГО;

4) разделению для групп элементов ЛСБ СГО параметров технического состояния на обязательные и рекомендованные для контроля и анализа;

5) требованиям к расчетным моделям для выполнения механико-прочностных расчетов элементов ЛСБ СГО и др. В Методике [26] и Типовой программе ОТС ЛСБ СГО [18] в составе требований к расчетам напряженно-деформированного состояния (НДС) не отражены и должны быть изложены требования Госатомрегулирования Украины в отношении учета при разработке расчетных моделей защитной оболочки (ЗО):

фактических потерь 100–150 тс усилий натяжения арматурных канатов (АК) на анкере;  
реальных траекторий каналобразователей;  
реального (или консервативно принятого) значения коэффициента трения между армоканатом и каналобразователем.

Отановимся на некоторых общих вопросах, характерных для большинства рассмотренных типовых программ. К одному из таких вопросов относится контроль механических свойств металла по твердости (КМСТ), который в качестве дополнительного контроля применяется, как правило, в работах по оценке технического состояния при ПСЭ. Измерение твердости служит для косвенной оценки прочностных характеристик металла и выявления элементов оборудования или отдельных его участков с явно выраженным отклонением прочностных характеристик от стандартных значений.

Механические характеристики металла по результатам измерения твердости определяются по эмпирическим формулам, приведенным в документах РФ [27, 28].

РД ЭО 0027–94 [27] входит в перечень разрешенных для использования в Украине эксплуатирующей организацией документов, однако на текущий момент является достаточно устаревшим. В России этот документ уже заменен на РД ЭО 0027–2005 [28] (в последнем, в частности, уточнены формулы для пересчета механических характеристик, добавлен раздел оценки погрешности), но не входит в число документов, официально разрешенных для применения в Украине.

Таким образом, на сегодняшний день в Украине отсутствует национальный документ, разработанный с учетом развития науки и техники и регламентирующий вопросы определения механических характеристик металла по результатам измерения твердости.

## 5 Разработка рекомендаций по совершенствованию нормативной документации по ОТС, ДСЭ и управлению старением элементов энергоблока АЭС

На основании выполненного анализа сформирован ряд рекомендаций по усовершенствованию нормативной документации, в частности:

1. При пересмотре регулирующих требований необходимо:

пересмотреть цели и объем Отчета по периодической переоценке безопасности (НП 306.2.099–2004 и СОУ-Н ЯЕК 1.004:2007) для того, чтобы четко обозначить роль программ контроля металла, технического обслуживания и ремонта (как штатных, так и дополнительных) при продлении срока эксплуатации;

конкретизировать общую часть НП 306.2.099–2004 относительно определения и изложения общей концепции, целей безопасности и взаимосвязи между ключевыми элементами процесса ДСЭ;

дополнить НП 306.2.099–2004, СОУ-Н ЯЕК 1.004:2007 и ПМ-Д.0.08.222–06 требованиями относительно выполнения ограниченного временем анализа старения (ТЛАА).

2. Результаты анализа достаточности существующих типовых программ на предмет полноты охвата оборудования, трубопроводов, зданий и сооружений на примере критических элементов свидетельствуют о том, что не все элементы охвачены типовыми программами ОТС и ПСЭ, например отсутствуют типовые программы для реактора ВВЭР-1000 (корпус, верхний блок, ВКУ и опорные элементы реактора), ГЦН, компенсатора давления, крана полярного кругового действия.

3. При пересмотре типовых программ ОТС и ПСЭ необходимо учесть следующие основные аспекты:

3.1 Для Типовой ПУС:

- разделение Типовой ПУС на два отдельных документа — требования к управлению старением, требования к процессу долгосрочной эксплуатации;

- завершение разработки методики выбора элементов для включения в программу управления старением и подлечения долгосрочной эксплуатации.

3.2 Для типовых программ ОТС и ПСЭ тепломеханического оборудования и трубопроводов:

- расширение номенклатуры случаев, в которых должен быть выполнен поверочный расчет на прочность (при установлении новых требований к исходным сейсмическим данным);

- добавление рекомендаций по прогнозированию изменения параметров технического состояния трубопроводов и критериям оценки параметров технического состояния;

- использование комплексного подхода к расчетному обоснованию, в частности обеспечение взаимосвязи прочностных и теплогидравлических расчетов;

- добавление требований о необходимости установления и учета отступлений при изготовлении, монтаже, входном контроле, а также отступлений проектов оборудования и трубопроводов от требований действующих в Украине нормативных документов.

3.3 Типовые программы ОТС и ПСЭ зданий и сооружений при их пересмотре необходимо дополнить:

- требованиями по учету при разработке расчетных моделей ЗО таких аспектов, как фактические потери 100–150 тс усилий натяжения АК на анкере; реальные траектории каналобразователей и др.;

- определением случаев, при которых необходимо проведение повторных испытаний защитной оболочки на прочность после завершения работ по оценке технического состояния;

- информацией по объемам и зонам проведения контроля технического состояния конструкций и элементов СГО ЛСБ (в частности отсутствуют графические схемы), а также требованиями к проведению оценки технического состояния недоступных для обследования конструкций и элементов СГО ЛСБ и др.

На сегодняшний день в Украине отсутствует национальный документ, разработанный с учетом развития науки и техники и регламентирующий вопросы определения механических характеристик металла по результатам измерения твердости. Принимая во внимание, что

практически каждая типовая программа содержит требования к измерению твердости, такой национальный документ должен быть разработан ГП НАЭК «Энергоатом» в кратчайшее время.

### Список использованной литературы

1. Протокол № 4 от 01.08.2012 заседания Координационного совета по подготовке серийных энергоблоков ВВЭР-1000 с реакторной установкой В-320 к продлению эксплуатации в сверхпроектный период. — Утвержд. Директором департамента по вопросам ЯУ Госатомрегулирования Украины.

2. Выполнение обобщенного анализа документации по организации работ ОТС и ПСЭ и управлению старением энергоблоков АЭС. Рекомендации о путях доработки нормативной базы: Отчет ГНТЦ ЯРБ. — К., 2013.

3. *TACIS U3.01/06 (UK/TS/38)*. Надання підтримки Державному комітету ядерного регулювання України в оцінці впровадження заходів з підвищення безпеки та програм управління старінням на блоках АЕС.

4. Отчет Рискаудит/ГНТЦ ЯРБ : Завдання І. Підтримка Держатомрегулювання в ліцензійній оцінці впровадження програм управління старінням на 1-му енергоблоці Рівненської АЕС. Підзавдання І.1. Аналіз чинної нормативної бази, що встановлює регулюючі вимоги до подовження терміну експлуатації енергоблоків АЕС, та розробка рекомендацій щодо її вдосконалення.

5. *НП 306.2.141–2008*. Загальні положення безпеки атомних станцій.

6. *НП 306.2.099–2004*. Загальні вимоги до продовження експлуатації енергоблоків АЕС у понадпроектний строк за результатами здійснення періодичної переоцінки безпеки.

7. *ПНАЭ Г-7–008–89*. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.

8. СОУ-Н ЯЕК 1.004:2007 Вимоги до структури і змісту звіту з періодичної переоцінки безпеки енергоблоків діючих АЕС и др.

9. *ПМ-Д.0.08.222–06*. Типовая программа по управлению старением элементов энергоблока АЭС.

10. *ПМ-Т.0.03.113–02*. Типовая программа обследования насосного оборудования с целью продления срока эксплуатации.

11. *ПМ-Т.0.08.159–05*. Типовая программа оценки технического состояния и переназначения ресурса/срока службы главных циркуляционных трубопроводов и главных запорных задвижек ЯУ ВВЭР.

12. *ПМ-Т.0.08.163–05*. Типовая программа оценки технического состояния и переназначения ресурса/срока службы сосудов.

13. *ПМ-Т.0.08.164–06*. Типовая программа оценки технического состояния и переназначения ресурса парогенераторов.

14. *ПМ-Т.0.08.165–05*. Типовая программа оценки технического состояния и переназначения ресурса/срока службы трубопроводов с опорами и подвесками.

15. *ПМ-Т.0.03.313–12*. Типовая программа оценки технического состояния и переназначения ресурса/срока службы теплообменного оборудования реакторного отделения энергоблоков АЭС. Теплообменники аварийного расхолаживания и теплообменники расхолаживания бассейна выдержки.

16. *ПМ-Т.0.08.126–06*. Типовая программа оценки технического состояния и переназначения ресурса строительных конструкций АЭС. Основания, стены и перекрытия реакторного отделения.

17. *ПМ-Т.0.08.169–06*. Типовая программа оценки технического состояния и переназначения ресурса общестанционных зданий атомных станций, содержащих системы, важные для безопасности.

18. *ПМ-Т.0.41.181–08*. Типовая программа оценки технического состояния и переназначения ресурса/срока службы системы герметичного ограждения локализирующих систем безопасности ВВЭР-1000.

19. Ageing Management for Nuclear Power Plants: No. NS-G-2.12 Safety Guide.

20. Safe long term operation of Nuclear Power Plants. — Safety Reports Series No. 57 — Vienna: IAEA, 2008.

21. Методика отбора элементов энергоблока АЭС для включения в программу управления старением: МТ-Т.0.03.303-12.

22. Safety Aspects of Long Term Operation of Water Moderated Reactors. Recommendations on the Scope and Content of Programmes for Safe Long Term Operation. Final Report of the Extrabudgetary Programme on Safety Aspects Long Term Operation of Water Moderated Reactors / IAEA-EBP-SALTO. — Vienna : IAEA, 2007.

23. Технічна підтримка в частині міцнісних та матеріалознавчих аспектів щодо оцінки обґрунтувань безпечної довгострокової експлуатації корпусів реакторів та критичних елементів тепломеханічного обладнання АЕС. Визначення методології та підходів до аналізу старіння на основі міжнародного досвіду та досвіду КЯР США, для її застосування на енергоблоках АЕС України. (етап 2, проміжний): Звіт про науково-дослідну роботу / ГНТЦ ЯРБ. — К., 2011.

24. СТП 0.41.076-2008. Анализ и оценка безопасности. Порядок использования расчетных кодов для обоснования безопасности ядерных энергетических установок. Методические указания.

25. Извещение № 03-39-12-ИП о продлении срока действия и внесении изменений № 2 в «Методику определения текущего состояния систем герметичного ограждения локализуемых систем безопасности энергоблоков ВВЭР-1000 АЭС Украины и оценки остаточного срока их эксплуатации» МТ-Т.0.03.171-05 / ДП НАЕК «Енергоатом» — 01.11.12.

26. МТ-Т.0.03.171-05. Методика определения текущего состояния систем герметичного ограждения локализуемых систем безопасности энергоблоков ВВЭР-1000 АЭС Украины и оценки остаточного срока их эксплуатации.

27. РД ЭО 0027-94. Определение характеристик механических свойств металла оборудования атомных электростанций безобразцовыми методами по характеристикам твердости: Инструкция.

28. РД ЭО 0027-2005. Инструкция по определению характеристик механических свойств металла оборудования атомных электростанций безобразцовыми методами по характеристикам твердости. Руководящий документ.

Получено 08.05.2013.