



АО «АТОМТЕХЭНЕРГО»

ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»



ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТНОГО РЕСУРСА ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ АС В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Докладчик: Павлович А.А.
Зам.начальника лаборатории
СМАТЭ

«АТОМЕКС-2015»

г. Москва, Россия , 13-15.10.2015 г.



Актуальность рассматриваемой темы (1)

Из рекомендаций 8-ой международной научно-технической конференции «Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР» (Россия, Подольск, 28-31 мая 2013 г.)

«Конференция считает актуальными для отрасли следующие основные тематические направления научных и проектных работ, которые должны найти отражение в работах отрасли:

- **обоснование целостности основного оборудования новых РУ на срок службы до 60-80 лет, включая материаловедческое обеспечение;**
- обоснование возможности продления эксплуатации действующих энергоблоков сверх проектного срока службы;
- **внедрение технологий и систем управления жизненным циклом АЭС от проектирования до вывода из эксплуатации;**
- ...
- применение концепции ТПР и риск-ориентированного подхода при разработке проектных основ для новых РУ ...»



Актуальность рассматриваемой темы (2)

Управление жизненным циклом новых блоков АС (60-80 лет) на базе наблюдения, мониторинга, диагностики, ТОиР

- **Рекомендации МАГАТЭ:**

«Значимость материала, представленного в настоящем отчете, в том, что он вносит вклад в решение текущих вопросов атомной индустрии, а также в совершенствование проектирования следующих поколений реакторов. Например, атомная индустрия старается обеспечить **срок службы реакторов до 80 и более лет** ввиду возросшей востребованности атомных активов в последние годы, частично обусловленной угрозами окружающей среде производством электрической энергии на тепловых станциях ...»

/ «Передовые методы наблюдения, диагностики и прогнозирования для мониторинга конструкций, систем и компонентов АЭС»

(Серия публикаций МАГАТЭ «Ядерная энергия», № NP-T-3.14, 2013)/



Актуальность рассматриваемой темы (3)

Планы поставки АС, спроектированных в России, в страны Евросоюза (в Финляндию – АС «Ханхикиви» и в Венгрию – АС «Пакш-2») требуют включения в новые проекты концептуальных подходов управления жизненным циклом и конкурентоспособных систем мониторинга, диагностики и ТОиР, рекомендованных МАГАТЭ для обеспечения долгосрочной эксплуатации.

Подтверждение достаточности аргументов разработчиков в пользу проектов новых АС будет оцениваться национальным регулирующим органом при выдаче лицензий на размещение, сооружение и эксплуатацию.



Уточнение приоритетности элементов АС с позиций УЖЦ в дополнение к классификации по ФНП

| | |
|---|---|
| <p>Незаменяемые элементы (здания и сооружения, а также размещенные в них основные технологические элементы)</p> | <p>Назначенный срок службы (НСС) элементов равен НСС блока АС:</p> <ol style="list-style-type: none">1) мониторинг и диагностика (предупреждение отказов, обслуживание по техническому состоянию)2) ТОиР (ремонт, восстановление РХ) |
| <p>Элементы, замена которых предусмотрена проектом</p> | <p>НСС элементов меньше НСС блока АС:</p> <ol style="list-style-type: none">1) мониторинг и диагностика (предупреждение отказов, обслуживание по техническому состоянию)2) ТОиР (ремонт, замена; учет стоимости внепланового ремонта) |



Повышение эффективности требует изменить применяемые подходы

- **Для оценки технического состояния элементов АС вместо критерия «не хуже, чем требует нормативный документ» надо переходить к количественной оценке с использованием современных средств и методик мониторинга и диагностики (включая неразрушающий контроль).
Это создает пространство для оптимизации принимаемых решений за счет ранжирования элементов по группам риска критического отказа и выработки дифференцированных требований.**
- **Необходимо обеспечить сквозное информационное сопровождение для сооружений, систем и элементов блока АС на всех этапах жизненного цикла**



Требования по безопасной эксплуатации трубопроводов и оборудования СВБ

1. ОПБ-88/97: требования по обеспечению надежности и качества
2. Правила ПНАЭ Г-7-008-89: требования по обеспечению прочности (п.2.1.1), работоспособности, надежности, безопасности (п.2.1.2)
3. **Необходимое условие** – обоснование прочности (ресурса):
 - 1) на этапе проектирования в соответствии с Нормами ПНАЭ Г-7-002-86;
 - 2) на этапе эксплуатации в соответствии с: **РД ЭО 1.1.2.05.0330-2012 и РД ЭО 1.1.2.09.0774-2011 (учет фактического технического состояния)** в дополнение к п.3.1
 - 3) на этапе дополнительного срока эксплуатации в соответствии с : **НП-017-2000 (учет факторов старения)**, в дополнение к пп.3.1 и 3.2
4. **Достаточное условие обеспечения надежности и качества** формулируется как обеспечение конструкционной целостности:
 - концепция «течь перед разрушением» (ТПР)
 - концепция «исключение разрушений» (ИР)
(требования на уровне ФНП не установлены)



Роль диагностики в обеспечении надежности трубопроводов и оборудования АС

| | |
|-----------------------------|--|
| Достаточное условие: | Обоснование конструкционной целостности: 1) Техническое обоснование (учет потенциально возможных повреждений; учет влияния среды на ресурс; анализ методами механики разрушения; требования к мониторингу и диагностике) 2) Дополнительные требования к качеству проектирования, изготовления, монтажа и ввода в эксплуатацию, а также к документированию 3) Внедрение на блоке АС систем мониторинга и диагностики (СОТ, НК, мониторинг условий эксплуатации) для перехода к обслуживанию по техническому состоянию |
| Необходимое условие: | Выполнение требований ПНАЭ Г-7-008-89. Расчет прочности по ПНАЭ Г-7-002-86 (нет требований к диагностике) |



Состояние пересмотра/разработки НД (1) /устаревшая нормативная база новых блоков АС /

- | | | |
|--|---|---|
| [1] ОПБ-88/97 | → | ОПБ-88/12. Новый НД (ФНП) еще не введен |
| [2] ПНАЭ Г-7-008-89 | → | Рассмотрение варианта 2011 г., отложено до принятия «пакета НД» (пп.[2]-[5]). Пересмотр не завершен |
| [3] ПНАЭ Г-7-009-89 | → | Пересмотр не завершен |
| [4] ПНАЭ Г-7-010-89 | → | Пересмотр не завершен |
| [5] Правила контроля сварных соединений в эксплуатации (ПЭК) | → | Новый НД (ФНП) еще не введен |

Вывод: актуализация нормативной базы на конец 2013 г. не завершена



Состояние пересмотра/разработки НД (2) /дефицит нормативной базы новых блоков АС /

- РД 95 10547-99 «Руководство по применению концепции безопасности течь перед разрушением к трубопроводам АЭУ (Р-ТПР-01-99)»:
 - **Исключен** из «Указателя технических документов, регламентирующих обеспечение безопасной эксплуатации энергоблоков АС (обязательных и рекомендуемых к использованию)» (Приказ №9/766-П от 26.08.2013, п.3.2)
 - **Исключен** из «Перечня нормативных правовых актов и нормативных документов, относящихся к сфере деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору» (П-01-01-2013)
- РД ЭО 1.1.2.05.0939-2013 «Руководство по применению концепции безопасности течь перед разрушением к трубопроводам действующих АЭУ» включен в Указатель (Приказ №9/766-П от 26.08.2013, п.1)

Выводы:

- 1) На уровне ФНП по-прежнему нет легитимного обоснования возможных отступлений от требований п.2.5.5 НП-082-07
- 2) С 2013 г. отсутствуют нормативные документы по применению концепции ТПР на новых блоках АС.



Особенности технического регулирования в области использования атомной энергии

ФЗ «О техническом регулировании» № 184-ФЗ от 27.12.2002

Ст. 5. Особенности технического регулирования в отношении ... продукции, для которой устанавливаются требования, связанные с обеспечением безопасности в ОИАЭ...

ФЗ "Об использовании атомной энергии"

Ст. 20 Госуправление в ОИАЭ
... организация и осуществление аккредитации в области использования атомной энергии;

Особенности разработки и установления обязательных требований

Постановление
Правительства
от 23.04.2013 № 362

Особенности стандартизации

Постановление
Правительства
от 01.03.2013 № 173

Особенности оценки соответствия

Проект нормативного
правового акта

Аккредитация в области использования атомной энергии

Постановление
Правительства
от 20.07.2013 № 612

Система технического регулирования ГК «Росатом»

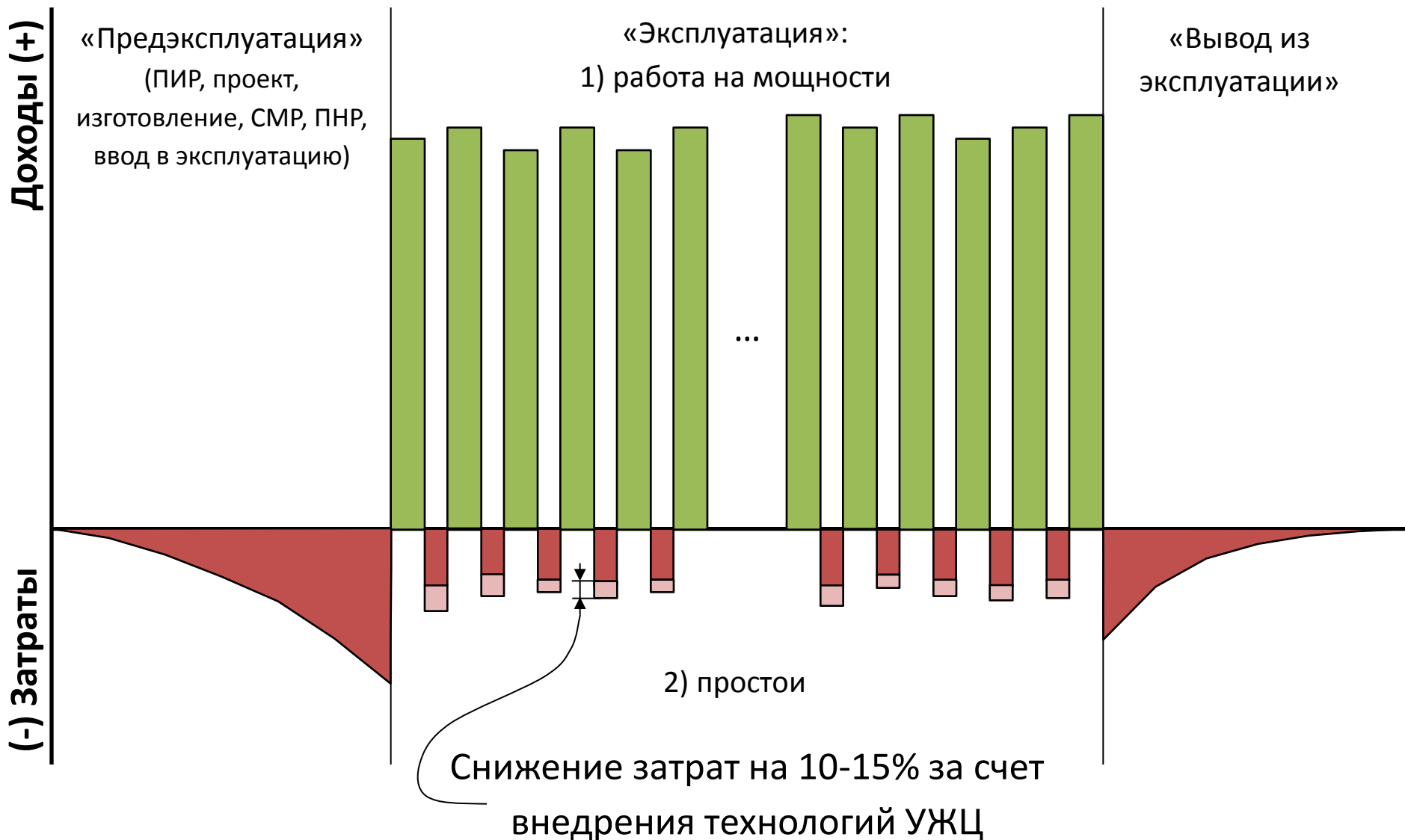


Обеспечение целевой функции УЖЦ

Эффект для новых АС от применения средств диагностики на этапах «предэксплуатация» и «эксплуатация» заключается в обеспечении бесперебойной эксплуатации, переходе на обслуживание по техническому состоянию и, в конечном счете, к снижению издержек эксплуатирующей организации и к получению максимальной прибыли.

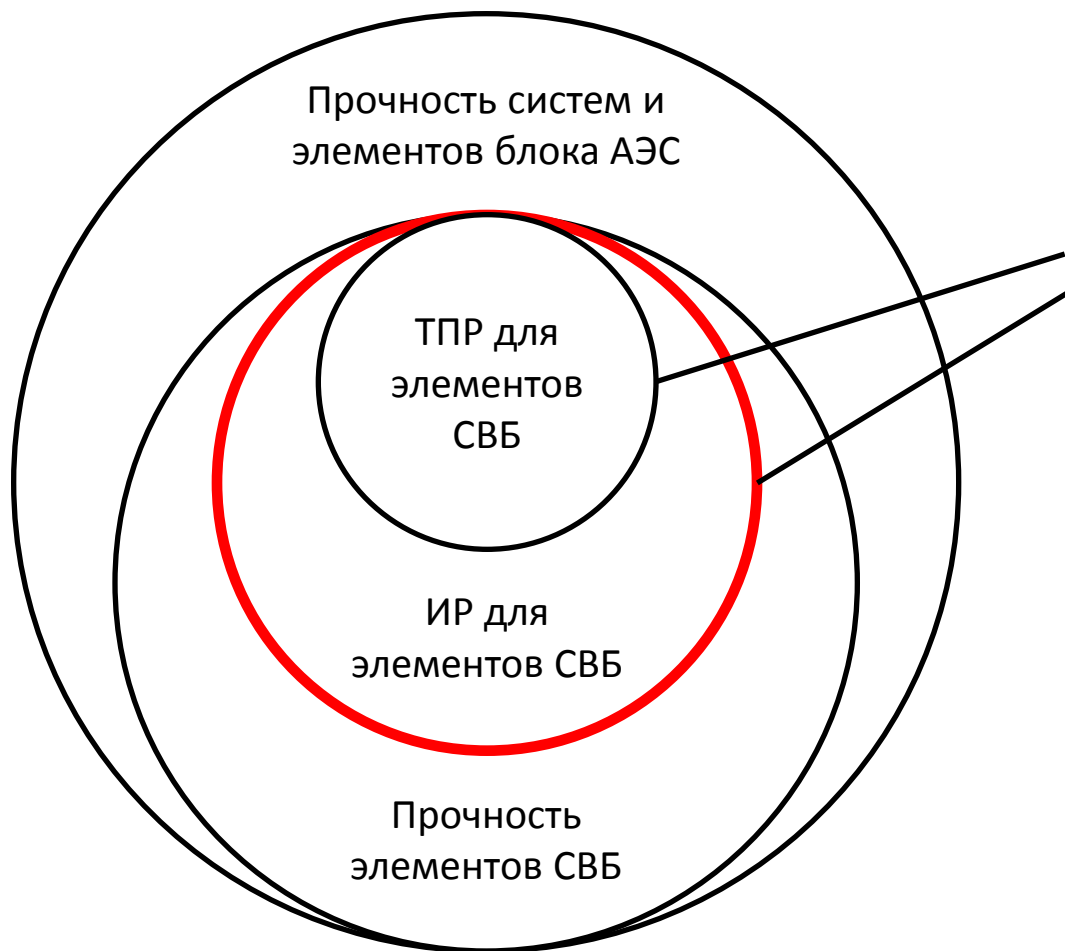


Показатели эффективности УЖЦ блока АС





Роль концепций конструкционной целостности для оптимизации эксплуатационных расходов



Выполнение положений концепций ИР и/или ТПР – необходимое условие для оптимизации требований к периодичности и объемам ЭНК:

«Методические рекомендации по оптимизации объемов и периодичности ЭНК оборудования, трубопроводов и конструкций АС»

(разработчики ОАО «НИКИЭТ», ООО «ИЦД НИКИЭТ», АНО «МЦЯБ»; одобрены письмом Ростехнадзора; введены в действие Приказом по ОАО «Концерн Росэнергоатом»)



Этапы формирования цифрового досье блока АС





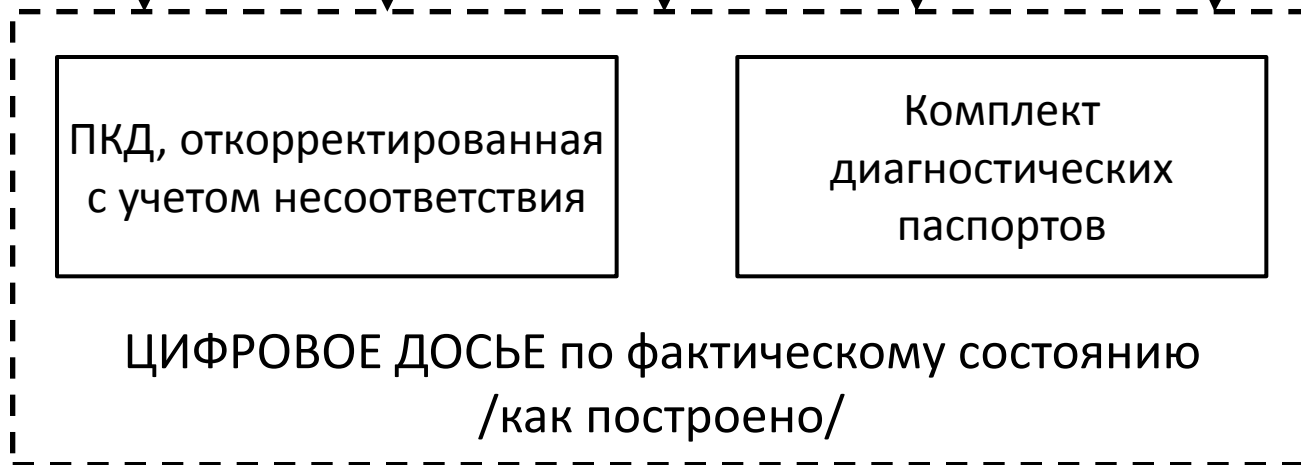
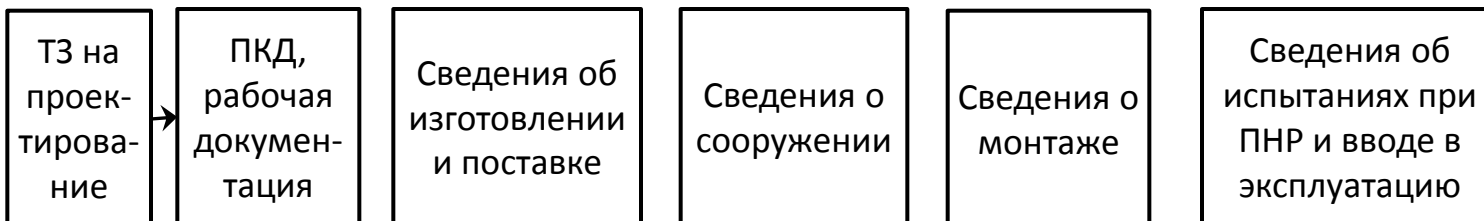
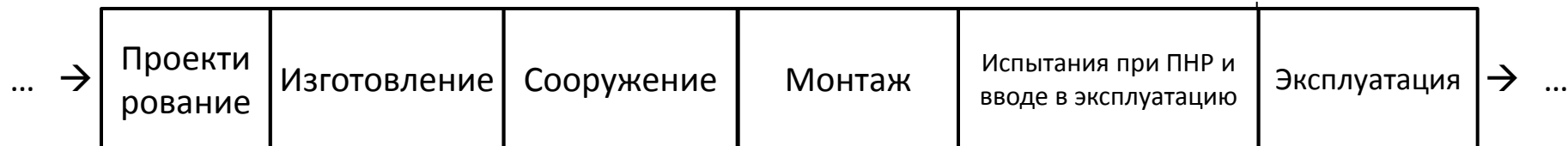
Требования к формированию цифрового досье блока АС должны стать частью проектной документации





Формирование цифрового досье (ЦД) блока АС в период «предэксплуатации»

«ПРЕДЭКСПЛУАТАЦИЯ»





Состав ЦД на этапе «предэксплуатация» - < 1 >

| Состав работ | Что вносится в ЦД | Эффект на этапе эксплуатации |
|--|--|---|
| Мониторинг зданий и сооружений | | |
| <p>Контроль отклонений зданий и сооружений в состояниях:</p> <ol style="list-style-type: none">1) после завершения строительства2) при включенных системах вентиляции и кондиционирования, а также при включенном основном оборудовании | <p>Результаты измерений начальных отклонений зданий и сооружений в состояниях:</p> <ol style="list-style-type: none">1) после завершения строительства2) при включенных системах вентиляции и кондиционирования, а также при включенном основном оборудовании | <p>Контроль изменений параметров отклонений на этапе эксплуатации.</p> <p>Учет изменений при:</p> <ol style="list-style-type: none">1) оценке остаточного ресурса как самих зданий, так и основного оборудования2) назначении периодичности ЭНК оборудования и трубопроводов |



Состав ЦД на этапе «предэксплуатация» - < 2 >

| Состав работ | Что вносится в ЦД | Эффект на этапе эксплуатации |
|--|--|--|
| Контроль фактической компоновки элементов и расположения СС после монтажа | | |
| Лазерное сканирование. Панорамное фотографирование | Определение фактической трассировки трубопроводов (включая установленное оборудование) | Учет при: 1) модернизации; 2) оценке остаточного ресурса; 3) при назначении периодичности ЭНК |
| Сбор данных по фактическому положению заводских и монтажных сварных соединений | Схемы фактического положения заводских и монтажных сварных соединений трубопроводов и оборудования | Учет при: 1) ТОиР (включая ЭНК); 2) модернизации; 3) оценке остаточного ресурса; 4) при назначении периодичности ЭНК |



Состав ЦД на этапе «предэксплуатация» - < 3 >

| Состав работ | Что вносится в ЦД | Эффект на этапе эксплуатации |
|---|--|---|
| Контроль нагруженности трубопроводов и оборудования | | |
| Фиксация параметров послемонтажного напряженно-деформированного состояния (НДС) | Результаты измерений методом акустоупругости: 1. при изготовлении оборудования (например, узел приварки коллектора к патрубку ПГВ-1000) 2. при монтаже или при приемке монтажно-строительных работ | Оценка остаточного ресурса. Ранжирование по периодичности эксплуатационного неразрушающего контроля (ЭНК). |
| Динамические испытания систем и элементов | Собственные динамические характеристики систем и элементов | |
| Контроль НДС при горячих испытаниях | 1. Результаты измерений методом акустоупругости при ГИ 2. Результаты измерения температурных перемещений (плюс возможность фиксации параметров вибраций и гидравлических ударов) | Выполнение пункта 6.3.4 Правил ПНАЭГ-7-008-89. |



Состав ЦД на этапе «предэксплуатация» - < 4 >

| Состав работ | Что вносится в ЦД | Эффект на этапе эксплуатации |
|---|--|---|
| Выявление и фиксация несплошностей металла при входном и предэксплуатационном неразрушающем контроле с повышенной разрешающей способностью | | |
| АУЗК СС перлитных трубопроводов до эксплуатации (ТОFD, ФАР) | Результаты АУЗК в электронном виде (сканограммы начального состояния – "finger print"). | АУЗК для оценки изменений в процессе эксплуатации. Учет при назначении периодичности ЭНК |
| АУЗК СС аустенитных трубопроводов до эксплуатации (ФАР) | Результаты независимой аттестации средств и методик АУЗК, позволяющие построить кривые выявляемости трещиноподобных дефектов. | |
| УЗК корпуса реактора (контроль автономными аппаратами) | Рекомендации по дифференцированным требованиям к НК при эксплуатации | |
| Цифровая радиография | Результаты РГ контроля в электронном виде. Снижение трудоемкости в сравнении с плёночной радиографией | Учет при назначении периодичности ЭНК |



Состав ЦД на этапе «предэксплуатация» - < 5 >

| Состав работ | Что вносится в ЦД | Эффект на этапе эксплуатации |
|---|---|---|
| Выявление и фиксация физико-механических характеристик и структуры металла | | |
| Сбор сертификатных данных по металлу оборудования и трубопроводов | Сведения о мехсвойствах металла из заводских паспортов | Проведение периодического контроля в выбранных зонах для выявления изменений в процессе длительной эксплуатации: <ul style="list-style-type: none">● в структуре металла,● показателей мехсвойств и трещиностойкости. Учет при оценке остаточного ресурса и при назначении периодичности ЭНК |
| Создание банка архивного металла при монтаже | Номера образцов и схемы их вырезки при монтаже. Место хранения образцов. Сведения о мехсвойствах металла образцов по данным сертификатов и результатам испытаний | |
| Выбор зон контроля структуры и свойств металла | Схема расположения зон контроля | |
| Б/о контроль мехсвойств и трещиностойкости металла в контрольных зонах | Сведения о начальных значениях мехсвойств и трещиностойкости металла элементов СВБ | |
| Контроль структуры металла в контрольных зонах | Сведения о начальном состоянии структуры металла (фото через микроскоп, реплики) | |



Состав ЦД на этапе «предэксплуатация» - < 6 >

| Состав работ | Что вносится в ЦД | Эффект на этапе эксплуатации |
|---|--|---|
| Выявление и фиксация начальных параметров элементов, подверженных ЭКИ | | |
| Измерение толщин стенок основного металла прямых труб и гибов, а также в зонах термического влияния (ЗТВ) сварных соединений (СС) | Протоколы толщинометрии основного металла прямых труб и гибов, а также в ЗТВ СС. Карты контроля . Оценки погрешности толщинометрии для каждой зоны измерений | Проведение периодического контроля толщин стенок для выявления утонений. |
| Измерение овальности гибов | Протоколы ВиК овальности гибов | Уточненное прогнозирование скоростей утонения стенок для определения срока следующего контроля. |
| Контроль химического состава основного металла | Протоколы контроля химического состава основного металла (в первую очередь, содержания хрома) | |
| Сбор и систематизация данных по сварочным материалам для каждого СС | Сведения о начальных значениях мехсвойств элементов | Учет при оценке остаточного ресурса и при назначении периодичности ЭНК |

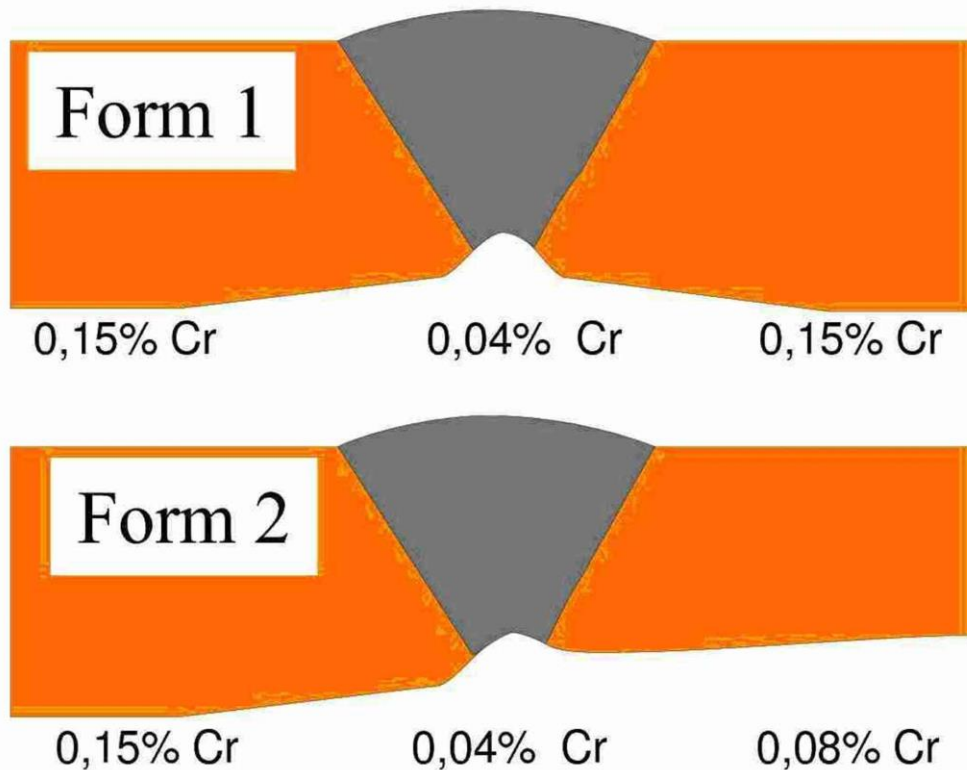


Предупреждение интенсивных повреждений элементов СВБ по механизму ЭКИ на новых АС

1. Обеспечение содержания хрома в конструкционных материалах на уровне не менее 0,2 %. Паспортизация сведений по химическому составу основного металла элементов, а также сварочных материалов.
2. Измерение и паспортизация начальных размеров элементов (включая зоны сварных соединений) на этапах «предэксплуатации».
3. Консервативное прогнозирование ЭКИ на период эксплуатации с учетом фактической информации по пп.1 и 2, а также требований СТО по водно-химическому режиму для выявления до начала эксплуатации наиболее проблемных зон и выработки дифференцированных требований по их контролю в процессе эксплуатации.



Опыт эксплуатации - возможность повреждений в корневой части сварных соединений (СС)



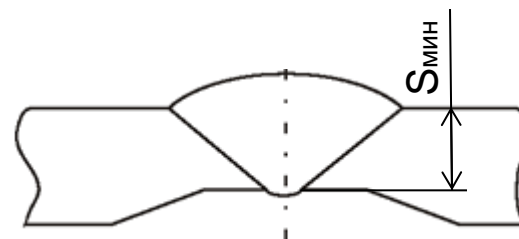
- невозможно предсказать расчетом по коду BRT CICERO
- не выявляется стандартными методиками толщинометрии
- возможен локальный износ – до 50% толщины



Измерение толщины в зонах СС на новых блоках АС – актуальный вопрос

1. Разработана методика и средства УЗТ для зон ЛЭК вблизи СС.
Требуется неотложное внедрение на новых блоках АС до ввода в эксплуатацию
2. Фактическая погрешность при контроле на АС по ПНАЭ Г-7-031-91 для этих зон не оценивается, хотя будет существенно больше, чем на прямых трубах, переходниках и гйбах
3. В проектах новых блоков АС нет обязательных требований по контролю начальных значений толщин стенок

ОКОЛОШОВНАЯ ЗОНА
КОЛЬЦЕВЫХ СС



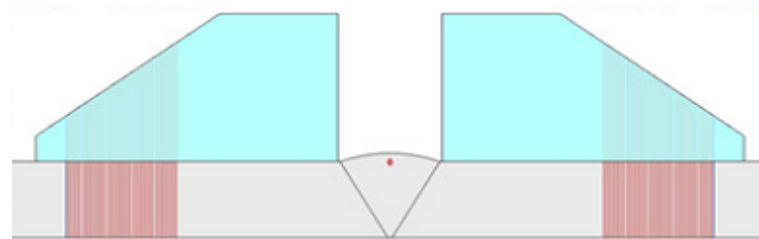
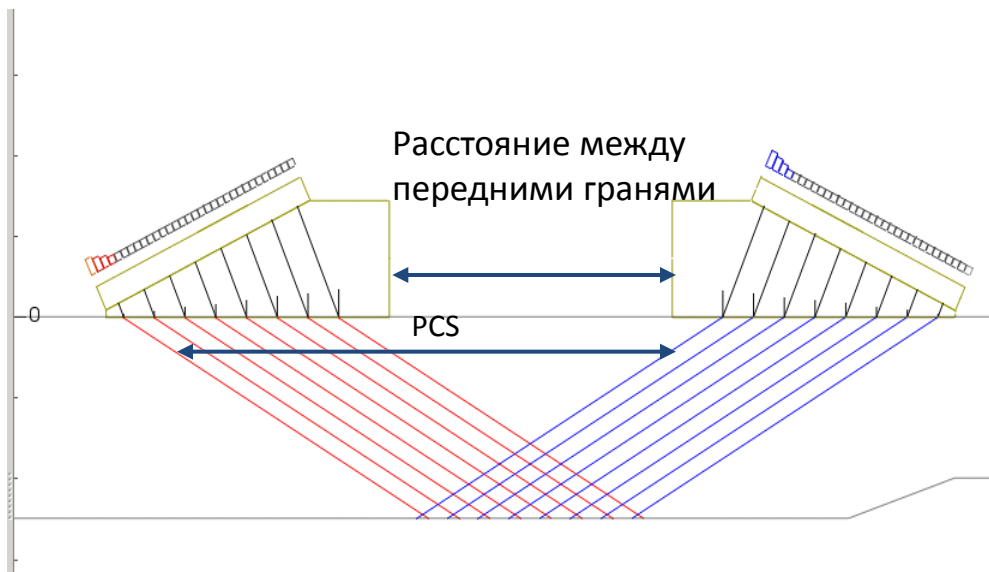


Методика измерения профиля донной поверхности СС

Метод TOFD-РА

+

измерение толщины
в околошовной зоне



/ А.Е. Базулин, Х. Бенитес, В.В. Пронин, Д.С. Тихонов, О.О. Шнель. Новые технологии применения ультразвука для измерения автоматизированными средствами трёхмерного профиля толщины участков трубопроводов питательной воды КМПЦ РБМК-1000, включая гибы, конусные переходы и сварные соединения. 2013 г. /



Оценка степени консерватизма прогнозирования интенсивности повреждений по механизму ЭКИ

| Россия | Франция |
|---|---|
| ЭКИ-02 для блоков с РУ ВВЭР-440 (паспорт аттестации №165) | BRT-Cicero |
| ЭКИ-03 для блоков с РУ ВВЭР-440 (паспорт аттестации №202) | / опыт применения на 58 блоках АЭС / |
| РАМЭК-1 для блоков с РУ ВВЭР-1000 (паспорт аттестации №264, срок действия истек в сентябре 2012 г.) | |
| РАМЭК-1 для блоков с РУ ВВЭР-440 (паспорт аттестации №331) | |

**Недобраковка равновероятна
с перебраковкой !!!**

**Консерватизм оценки обеспечен
не менее, чем в 99% случаев**



Варианты реализации для «АЭС-2006»

Комплекс работ по мониторингу и диагностике начального технического состояния незаменяемых элементов и формирование цифрового досье новых блоков серии «АЭС-2006» (1-4 блоки ЛАЭС-2, 1-2 блоки НВАЭС-2) могут быть выполнены:

- 1) на этапе «предэксплуатации» силами Генподрядчиков по ПНР/ ВЭ и сооружению;
- 2) на начальном этапе эксплуатации (1-2 года).

Вариант (1) рассматривается, как более эффективный.

Требуется поручение Заказчика по актуализации отдельных разделов проектов «АЭС-2006» или корректировка им технического задания на проектирование.



Основные выводы и рекомендации

1. Длительный срок эксплуатации новых АС может быть обеспечен для незаменяемых элементов только за счет применения подходов Управления жизненным циклом (в том числе, типовых решений по системам мониторинга и диагностики), начиная с этапа «предэксплуатация»
2. Нормативная база для новых блоков АС со сроком службы 60 и более лет требует срочного реформирования на базе внедрения системных подходов обеспечения конструкционной целостности незаменяемых элементов и технологий УЖЦ, а также учета рекомендаций МАГАТЭ
3. Проекты новых блоков АС (в том числе, серии «АЭС-2006» и ВВЭР-ТОИ), созданные на устаревшей нормативной базе, необходимо срочно актуализировать по инициативе Заказчика –
ОАО «Концерн Росэнергоатом»



Благодарю за внимание!

Павлович А.А.

АО «Атомтехэнерго», Смоленский филиал

эл.почта ltor@smate.org