



ОАО «АТОМТЕХЭНЕРГО»



ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТНОГО РЕСУРСА ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ АС В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Докладчик: *Павлович А.А.*
Заместитель начальника
лаборатории СМАТЭ

VI Международный форум поставщиков
атомной отрасли «АТОМЕКС 2014»
г. Москва, Россия , 29-31.10.2014 г.



Авторский коллектив

ОАО «Атомтехэнерго» (Смоленский филиал):

Аржаев А.И., Маханев В.О., Павлович А.А., Подлатов М.А.

ОАО «Головной институт «ВНИПИЭТ»:

Жолобов В.А., Иванов А.И., Мейер В.В., Рогожкин В.В.

ОАО НПО «ЦНИИТМАШ»:

Дурынин В.А., Разыграев А.Н., Разыграев Н.П.



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, **за рубежом** 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.



Управление жизненным циклом

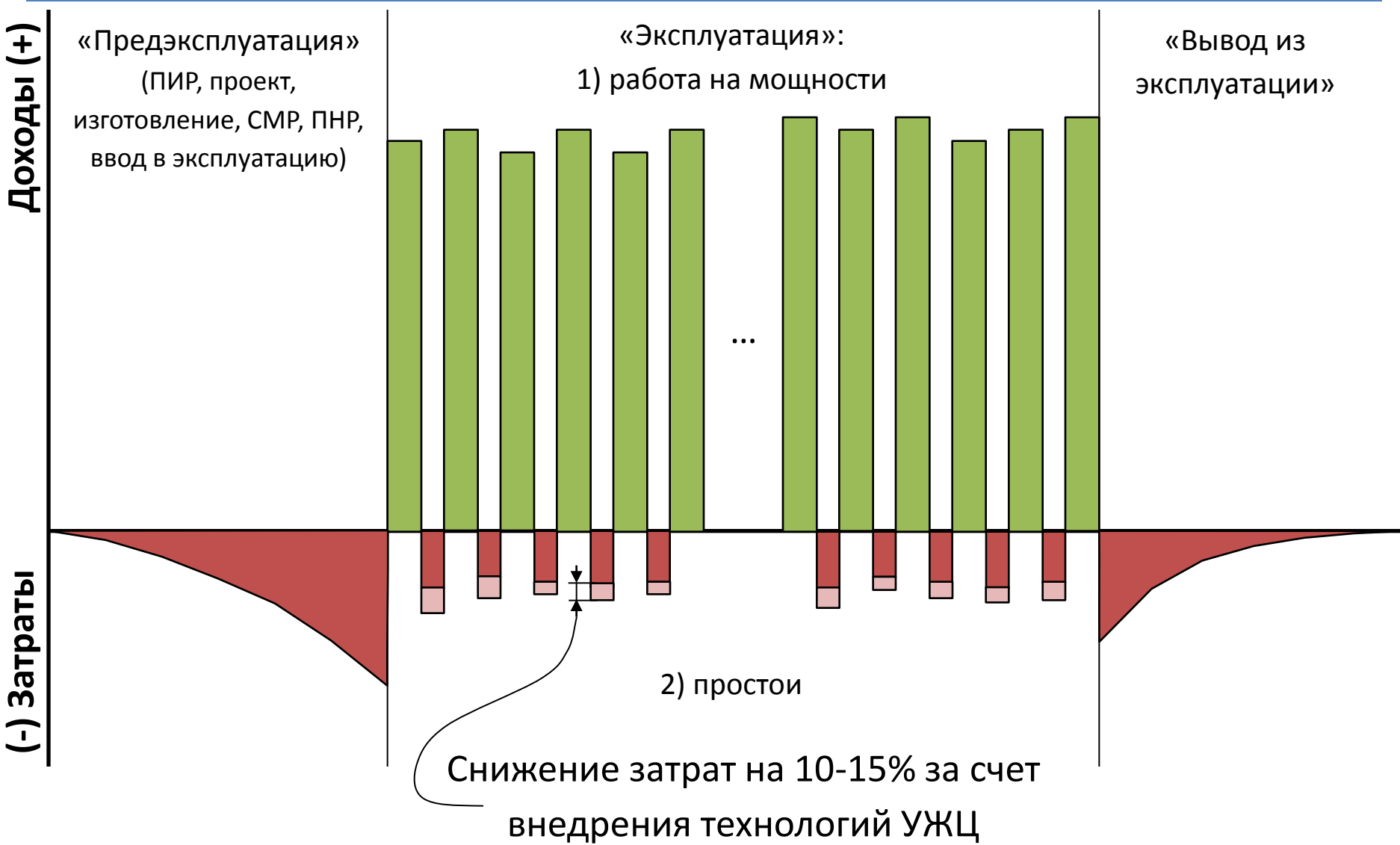
Глоссарий МАГАТЭ

«**Управление жизненным циклом** [life management] – это интеграция управления старением с экономическим планированием в целях:

- 1) оптимизации эксплуатации, технического обслуживания и срока службы конструкций, систем и элементов;
- 2) поддержания приемлемого уровня функционирования и безопасности;
- 3) максимального повышения рентабельности инвестиций в течение срока службы установки».



Показатели эффективности УЖЦ блока АС



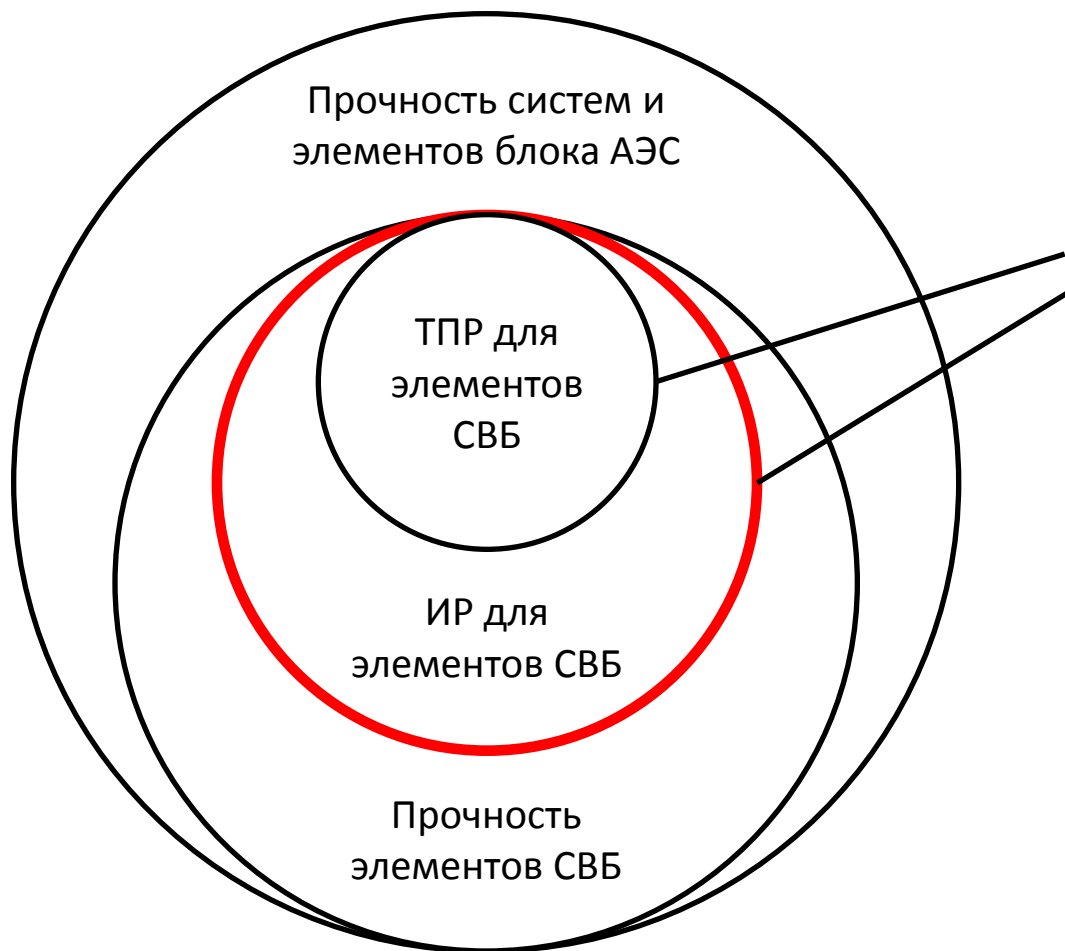


Требования по безопасной эксплуатации трубопроводов и оборудования СВБ

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 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»)



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 (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**



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



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»



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**



Этапы формирования цифрового досье блока АС





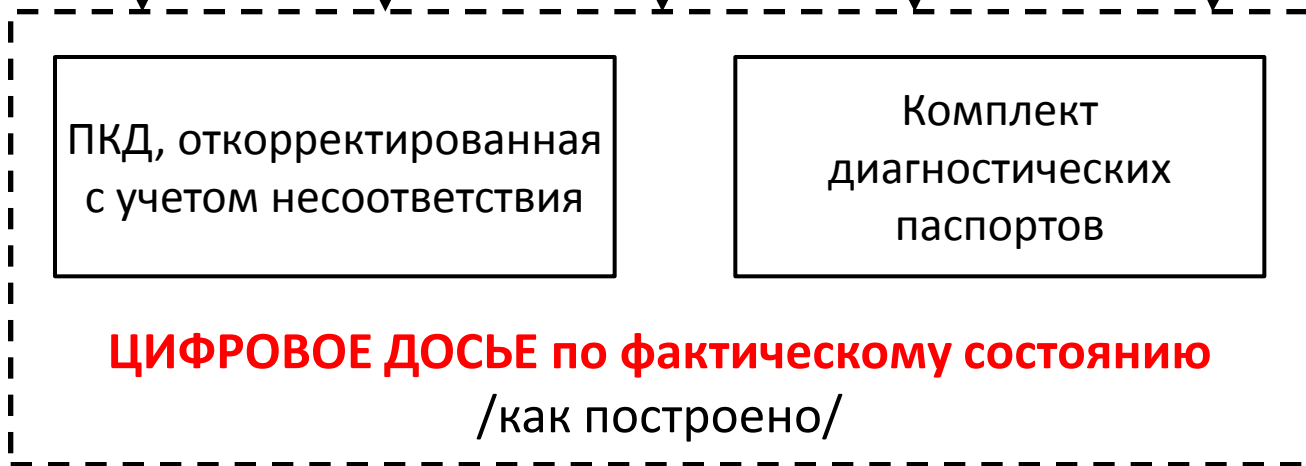
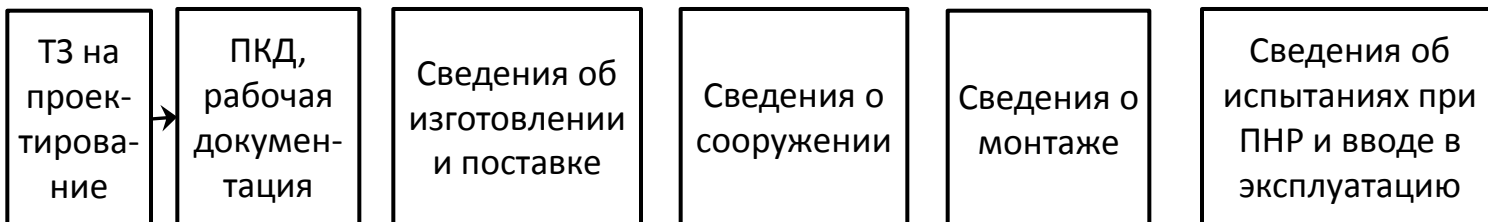
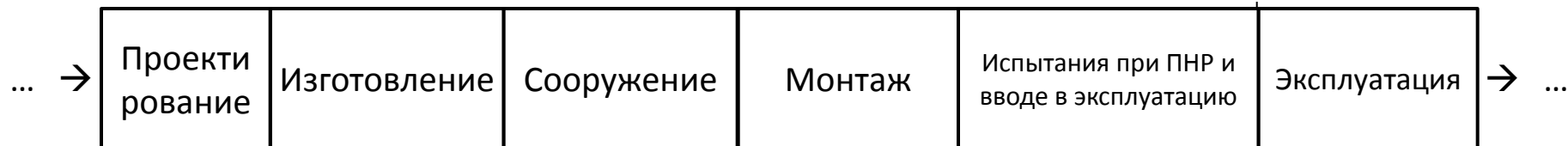
Требования к формированию цифрового досье блока АС должны стать частью проектной документации





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

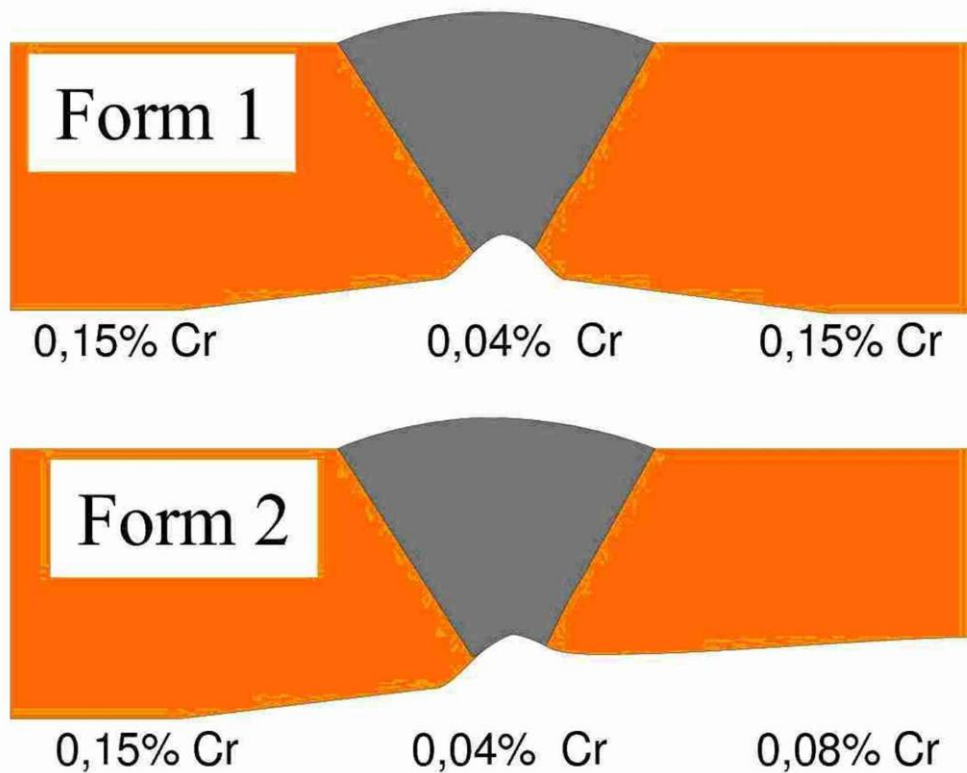


Предупреждение интенсивных повреждений элементов СВБ по механизму ЭКИ на новых АС

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)



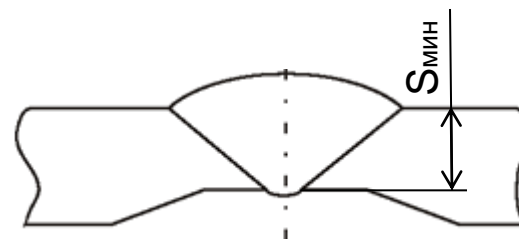
- невозможно предсказать расчетом по коду BRT CICERO
- не выявляется стандартными методиками толщинометрии
- возможен локальный износ – до 50% толщины



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



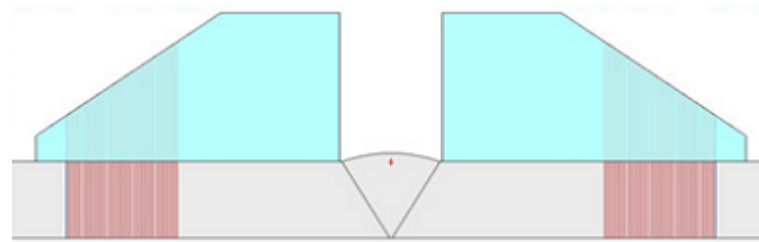
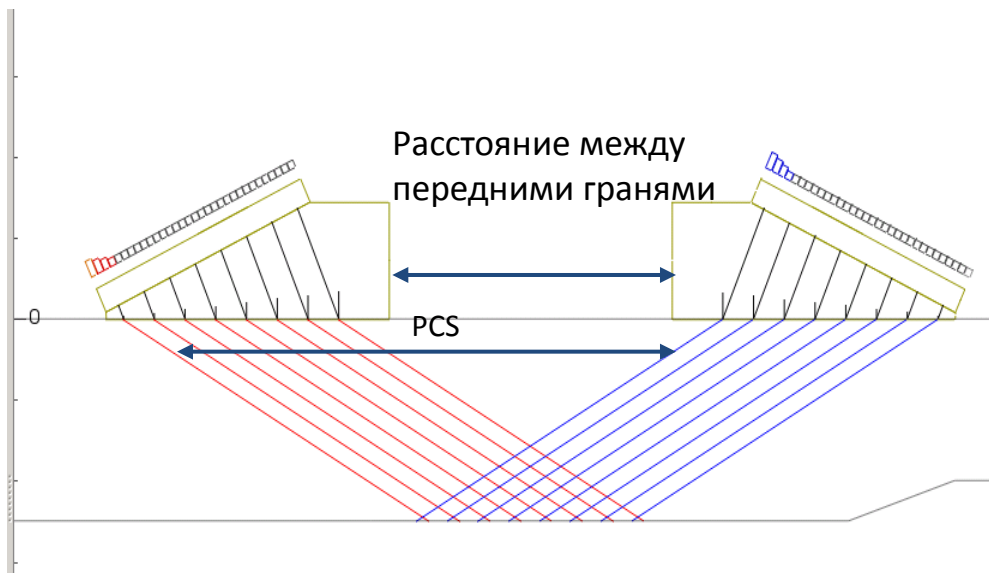


Методика измерения профиля донной поверхности СС

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.

ОАО «Атомтехэнерго», Смоленский филиал

эл.почта ltor@smate.org